

COMPTES RENDUS

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 12 JANVIER 1874.

PRÉSIDENCE DE M. BERTRAND.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

ASTRONOMIE. — *Tables du mouvement de Jupiter, fondées sur la comparaison de la théorie avec les observations; par M. U.-J. LE VERRIER.*

« La théorie qui sert de base aux tables de Jupiter a été développée dans quatre Mémoires présentés successivement à l'Académie, dans les séances des 20 mai, 26 août, 11 novembre 1872 et 17 mars 1873.

» Les observations auxquelles elle a été comparée sont celles qui ont été effectuées : à Greenwich depuis 1750 jusqu'en 1830; à Greenwich depuis 1836 jusqu'en 1869; à Paris depuis 1837 jusqu'en 1867.

» La théorie et les observations sont complètement d'accord.

» Il n'existe donc aucune action étrangère à celles qui nous sont connues et qui paraisse troubler le mouvement de Jupiter d'une manière sensible. L'influence de l'ensemble des petites planètes est nulle. »

PHYSICO-CHIMIE. — *Troisième Mémoire sur la Dynamique chimique; de l'intervention de l'eau dans les combinaisons chimiques; des électrodes à eau et autres liquides, et de leurs propriétés; par M. BECQUEREL. (Extrait.)*

« Dans les deux précédents Mémoires sur les effets électrochimiques produits dans le mélange de deux dissolutions salines et neutres, suivi ou

non de doubles décompositions, j'ai démontré que ce mélange s'opérait par l'intermédiaire de deux hydrates, formés momentanément, aux dépens de quantités infiniment petites, de l'acide et de l'alcali de l'un des sels et de l'eau de l'autre dissolution et réciproquement ; ce mécanisme cesse aussitôt que le mélange est effectué ; il a lieu également quand il se produit des combinaisons ou des décompositions.

» Le mode d'expérimentation employé pour mettre en évidence ce mécanisme consiste, comme on l'a déjà dit, à opposer le couple d'essai à un certain nombre de couples étalons de force constante et connue, et dans le circuit desquel se trouve un galvanomètre très-sensible servant à indiquer quand le courant cherché est équilibré par celui des couples étalons réunis en tension ; mais, comme ces derniers se polarisent continuellement, il faut les dépolariser fréquemment, ce qui exige des soins très-minutieux, et encore n'atteint-on pas toujours, à moins de grandes précautions, le but proposé ; d'un autre côté, les lames d'or ou de platine qui plongent dans les dissolutions ne sont pas constamment homogènes, puis se polarisent encore par la présence de gaz qui se fixent sur leurs surfaces, ce qui présente souvent des difficultés. J'entre de nouveau dans d'assez grands détails sur les moyens à employer pour dépolariser les couples étalons et les lames. Je rappelle ensuite tout ce que j'ai dit à cet égard, dans les Communications faites à l'Académie, dans les séances du 8 juin et 18 juillet 1870 (voir les *Comptes rendus* de ces séances, les *Mémoires de l'Académie des Sciences*, t. XXXVIII), où l'on trouvera les précautions à prendre, surtout quand on dépolarise, à l'aide de la chaleur, les lames métalliques qui doivent être placées dans les dissolutions soumises à l'expérience.

» Il y a toujours, dans le mélange de deux dissolutions, production de plusieurs forces électromotrices : les unes provenant des hydratations, les autres des combinaisons ; or il est facile de les distinguer et même de les séparer les unes des autres et de mesurer l'intensité de chacune d'elles, en employant les électrodes à eau, dont je vais indiquer l'emploi.

» On prend une éprouvette contenant une dissolution acide, on y plonge un tube fêlé, dans lequel se trouve une dissolution alcaline ; dans chacune de ces dissolutions on introduit un tube fêlé, rempli d'eau distillée, et dans chacun de ces derniers on plonge une lame d'or ou de platine, parfaitement dépolarisée, ce dont on s'aperçoit facilement en les plongeant préalablement dans de l'eau distillée et les introduisant dans le circuit d'un galvanomètre, pour s'assurer que l'aiguille aimantée n'est pas déviée ; cette épreuve faite, on commence l'expérience, et, si l'on obtient un cou-

rant électrique, il ne peut provenir que d'une action chimique autre que celle due à des hydratations, attendu que cette dernière est détruite par le mode d'action des électrodes à eau. Les résultats suivants servent à faire concevoir le mode d'action des électrodes à eau dans le cas le plus simple, celui où les deux sels en dissolution ont même base.

TABLEAU I.

		Forces électromotrices.	Moy. Diff.
1 ^{er} couple.	Nitrate de potasse..... —	{ 47 - 48 - 53 - 48 - 48 - 48..	48
	Eau..... +		
2 ^e couple.	Chlorure de potassium. —	{ 30 - 27 - 35 - 28.....	30
	Eau..... +		
3 ^e couple.	Chlorure de potassium. —	{ 18 - 19 - 19 - 17 - 22.....	19
	Eau..... +		
	Nitrate de potasse..... +		
4 ^e couple.	Chlorure de potassium. +	{ 17 - 20 - 14 - 19.....	18
	Nitrate de potasse..... —		

» Les forces électromotrices produites par ces quatre couples proviennent d'hydratations, puisqu'il n'y a pas d'autre action chimique que celle résultant de la réaction de l'eau sur chacun des deux sels; quant à la force électromotrice du quatrième couple, elle se compose de celles qui ont lieu pendant le mélange des deux sels. Ces quatre séries d'expériences montrent bien que la dernière donne pour force électromotrice la différence des deux forces électromotrices produites par les couples 1 et 2 et agissant en sens contraire, résultat qui est confirmé encore par la force électromotrice du troisième couple, où l'eau se trouve entre deux dissolutions; les deux premiers ont donné 18, le troisième 19 et le quatrième 18 valeurs sensiblement égales. Si l'on opère avec le quatrième couple et les deux électrodes à eau, les effets produits étant en sens inverse de la somme des deux premiers, le résultat est nul, ce qui devait avoir lieu. En opérant avec des électrodes à eau quand il se produit des combinaisons pendant le mélange des deux dissolutions, l'une acide, l'autre alcaline, on a alors seulement la force électromotrice provenant des combinaisons.

» On peut donc se débarrasser des forces électromotrices résultant des hydratations, en employant les électrodes à eau; en effet, prenons une dissolution d'acide sulfurique et une dissolution de potasse: d'après le principe précédemment exposé, avant la combinaison et pendant le temps excessivement court qu'elle s'effectue, l'acide forme un nouvel hydrate avec l'eau de la dissolution alcaline et réciproquement; c'est par ce moyen

que la combinaison de l'acide avec l'alcali s'effectue et qu'il se produit deux courants électriques, l'un provenant des hydratations et l'autre de la combinaison de l'acide avec l'alcali. Or, en opérant avec les électrodes à eau, il y a deux courants dus à l'hydratation, et qui sont dirigés en sens inverse des deux premiers, produits pendant la combinaison, lesquels se trouvent ainsi annulés; il ne doit plus rester que le courant dû à la force électromotrice résultant de la combinaison de l'acide avec l'alcali.

» La première application qui a été faite des électrodes à eau a été de rechercher, au moyen du couple à cadmium et de ceux à zinc amalgamé, quelles étaient les forces électromotrices d'un couple ($\text{KO}, 6\text{HO}$) (SO^3HO), dont on augmenterait successivement les équivalents d'eau de l'acide jusqu'à $\text{SO}^3 96\text{HO}$. Dans toutes les expériences, les forces électromotrices sont rapportées à celle du couple à cadmium, sulfate de cadmium, zinc amalgamé, sulfate de zinc, valant 100. Voici les résultats obtenus :

TABLEAU II. — *Électrodes à eau.*

		Moy.	Diff.
$\text{KO}, 6\text{HO} -$	} 31 - 31 - 31	31	+ 9
$\text{SO}^3 \text{HO} +$			
$\text{KO}, 6\text{HO} -$	} 37 - 39 - 40 - 40	40	+ 20
$\text{SO}^3 2\text{HO} +$			
$\text{KO}, 6\text{HO} -$	} 62 - 59 - 62 - 57 - 60 - 55	60	+ 7
$\text{SO}^3 6\text{HO} +$			
$\text{KO}, 6\text{HO} -$	} 53 - 53 - 53 - 53	53	+ 3
$\text{SO}^3 12\text{HO} +$			
$\text{KO}, 6\text{HO} -$	} 50 - 50 - 50	50	+ 4
$\text{SO}^3 24\text{HO} +$			
$\text{KO}, 6\text{HO} -$	} 46	46	+ 5
$\text{SO}^3 48\text{HO} +$			
$\text{KO}, 6\text{HO} -$	} 41	41	
$\text{SO}^3 96\text{HO} +$			

» Les forces électromotrices moyennes qui se trouvent dans la troisième colonne se composent des quatre forces électromotrices provenant des quatre hydratations, lesquelles s'annulent étant dirigées en sens inverse, et de la force électromotrice due à la réaction de l'acide sur la potasse, la seule que l'expérience donne. Les moyennes montrent que, dans chaque couple, la force électromotrice est en rapport avec la quantité d'eau contenue dans la dissolution d'acide. On voit, en effet, que depuis SO^3HO jusqu'à 6HO , et probablement au-dessous de HO , la force électromotrice va en augmentant; que depuis $\text{SO}^3 6\text{HO}$ jusqu'à $\text{SO}^3 96\text{HO}$, cette force va

en diminuant; et que, à partir de 24HO jusqu'à 48HO, la différence n'est plus que de 4 pour 24 équivalents d'eau, et de 5 pour 48 à 96; les différences deviennent donc de plus en plus faibles; la courbe, qui est le lieu de toutes les forces électromotrices et que l'on forme en prenant pour axe des abscisses les équivalents d'eau et pour axe des coordonnées les forces électromotrices, représente une courbe asymptotique compliquée, dont les deux branches s'approchent de plus en plus des deux axes des coordonnées.

» Les expériences ont été faites, comme on le voit dans le tableau ci-dessus, avec de grandes différences dans les quantités d'eau ajoutées à l'acide sulfurique; car, si l'on eût opéré en ajoutant un équivalent d'eau successivement à chaque couple, on aurait passé un temps considérable à expérimenter, vu les causes d'erreurs contre lesquelles il faut se mettre en garde; mais, comme entre 12 et 24 équivalents, 24 et 48, et 48 et 96, les différences sont faibles, on peut interpoler des termes qui représenteraient sensiblement les forces électromotrices des couples intermédiaires.

» On a vu précédemment que la combinaison de l'acide sulfurique avec la potasse s'opérait par l'intermédiaire de l'eau en produisant deux hydrates, donnant lieu à deux courants qui s'ajoutent à celui provenant de cette combinaison; mais, si l'on ferme le circuit avec deux lames d'or, les deux courants provenant de l'hydratation s'ajoutent, comme on l'a déjà dit, à celui de la combinaison, tandis qu'avec les électrodes à eau on élimine alors les deux forces électromotrices qui annulent les deux autres produites dans la réaction l'une sur l'autre des deux dissolutions. Le tableau suivant contient les résultats obtenus en supprimant les électrodes à eau et les remplaçant par des électrodes d'or.

TABLEAU III.

	Couples.	Forces électromotrices.	Moyennes.
1 ^{er} couple	$\left\{ \begin{array}{l} \text{KO, 6 HO} - \\ \text{SO}^3, 6 \text{ HO} + \end{array} \right\}$	172-174-176....	174
2 ^e couple	$\left\{ \begin{array}{l} \text{KO, 6 HO} - \\ \text{Eau.....} + \end{array} \right\}$	75-76.....	75,50
3 ^e couple	$\left\{ \begin{array}{l} \text{SO}^3, 6 \text{ HO} + \\ \text{Eau.....} - \end{array} \right\}$	31-31.....	31
			106,50

» Le chiffre 174 représente très-approximativement la force électromotrice du couple $\left\{ \begin{array}{l} \text{KO, 6 HO} \\ \text{SO}^3, 6 \text{ HO} \end{array} \right\}$ qui est la somme des forces électromotrices des deux derniers couples et de la force résultant de la combinaison de l'a-

cide avec l'alcali; si donc on en retranche 106,5, on aura 67,50, qui représente la force électromotrice du premier couple dégagé des effets électriques résultant de l'hydratation : 67,50 est donc la force électromotrice qui représente, avec une certaine approximation, l'affinité de l'acide sulfurique pour la potasse, dans les conditions où l'on a opéré.

» Les difficultés d'expérimentation étant très-grandes à cause de la polarisation des éléments des couples étalons et des lames d'or qu'il faut détruire à chaque expérience, on a fait, quelques jours après, de nouvelles déterminations qui ont donné les résultats suivants :

TABLEAU IV. — *Électrodes d'or.*

	Couples.	Forces électromotrices.	Moyennes.	Diff.
1 ^{re} série	$\left\{ \begin{array}{l} \text{SO}^3, 6 \text{ HO} + \\ \text{Eau} \dots - \end{array} \right\}$	19-20-19	19,3	106,8
2 ^e série	$\left\{ \begin{array}{l} \text{KO}, 6 \text{ HO} - \\ \text{Eau} \dots + \end{array} \right\}$	87-88	87,5	
3 ^e série	$\left\{ \begin{array}{l} \text{KO}, 6 \text{ HO} \\ \text{Eau} \end{array} \right\}$	101-103	102	65
4 ^e série	$\left\{ \begin{array}{l} \text{KO}, 6 \text{ HO} \\ \text{SO}^3, 6 \text{ HO} \end{array} \right\}$	177-177	177	

» Si l'on compare ces résultats à ceux du précédent tableau, on trouve des différences assez notables, quant aux forces électromotrices de la deuxième et de la troisième série, différences dues probablement à des effets de polarisation des couples étalons. Les rapports néanmoins sont les mêmes; en effet, dans les deux tableaux, la somme des forces électromotrices provenant de l'hydratation est égale à 106,50 et 106,8, et, en retranchant ces deux nombres de ceux qui représentent les forces électromotrices des deux couples KO, 6 HO; SO³, 6 HO, on a pour différence, dans la première expérience, 67,5, dans la deuxième, 70,2.

» La différence entre ces deux nombres est de 2,70, qui est faible quand on pense aux causes nombreuses d'erreurs contre lesquelles il faut se mettre en garde.

» Il est à remarquer que les résultats qui composent le tableau II indiquent que, toutes les fois que dans le couple KO, 6 H; SO³, 6 HO le nombre d'équivalents d'eau augmente, la force électromotrice diminue d'autant moins que ce nombre augmente, et qu'il pourrait se faire que cet état de choses intervint dans l'emploi des électrodes à eau. C'est une question que j'examinerai dans un prochain Mémoire.

» Une question se présente naturellement ici : doit-on considérer les effets électriques produits au contact d'une dissolution neutre et d'une autre également neutre, comme résultant d'hydratations, ou bien d'une simple diffusion? Cette dernière opinion n'est pas admissible, quand on se reporte aux effets calorifiques observés pendant le mélange, effets qui ne peuvent être expliqués qu'en admettant des réactions chimiques; or, comme les forces électromotrices produites sont concomitantes avec les effets calorifiques résultant d'hydratations, on ne saurait admettre un simple mélange qui ne trouble jamais l'équilibre des forces électriques, tant qu'il n'y a pas d'affinités mises en jeu. La corrélation est telle, au surplus, entre la chaleur et l'électricité, que, lorsque les affinités agissent, l'une et l'autre manifestent aussitôt leur présence.

» En résumé, on voit, d'après les faits consignés dans ce Mémoire, que le mode d'expérimentation employé pour déterminer la force électromotrice produite au contact de deux dissolutions par l'emploi d'électrodes à eau, ou formées d'autres liquides, sert à comparer les affinités des substances en dissolution, en séparant les effets électriques résultant de l'hydratation de ceux provenant des combinaisons, de sorte que l'on n'a plus besoin de plonger les électrodes d'or ou de platine dans les dissolutions, qui attaquent quelquefois le métal et introduisent alors dans les expériences une cause d'erreur. »

MAGNÉTISME. — *Sur la distribution du magnétisme dans le fer doux;*
par M. J. JAMIN.

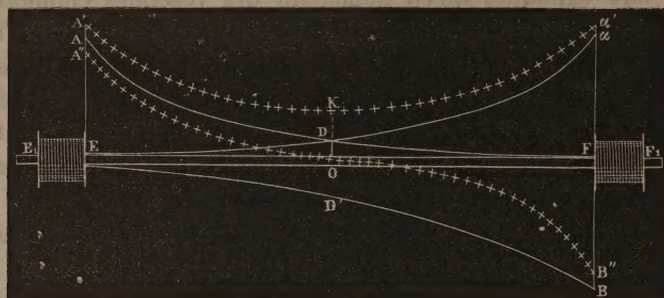
« Les expériences suivantes ont eu pour objet de rechercher la distribution du magnétisme dans une barre carrée de fer doux, de 2 mètres de longueur et de 20 millimètres de côté quand on l'aimantait par deux bobines E et F enveloppant les extrémités et traversées par le courant de 20 éléments de Bunsen. Je mesurais la force d'arrachement du contact d'épreuve, qui m'a toujours servi jusqu'à présent et que je plaçais successivement sur la barre, à des distances x de E, égales à 0, 0^d, 5, 1^d, 0, Cette force F exprime, en chaque point, la tension magnétique; sa racine carrée mesure l'intensité ou la quantité magnétique. Il ne sera question ici que de cette intensité I ou \sqrt{F} . Voici les résultats que j'ai trouvés.

» I. Si la barre est aimantée par la bobine EE, seule, elle prend un magnétisme boréal en E, et une aimantation australe qui s'étend tout le long de la barre de E en F, et qui est figurée par la courbe ADF. L'inten-

sité est exprimée par l'équation

$$(1) \quad I = \frac{A}{\alpha^2} = \frac{11,95}{(1,161)^2},$$

ce qui veut dire que l'intensité magnétique de chaque tranche est à celle de la tranche précédente dans un rapport constant.



Barre de longueur infinie.

Distance x .	$I_{\text{obs.}}$	$A \propto x^2$.	Distance x .	$I_{\text{obs.}}$	$A \propto x^2$.	$A \propto (x-l)^2$.	Somme.
0,.....	11,85	11,95	6,5....	4,50	4,60	0,06	4,66
0,5....	10,22	11,00	7,0....	4,25	4,25	0,08	4,33
1,0....	10,26	10,25	7,5....	4,00	4,00	0,10	4,10
1,5....	9,15	9,50	8,5....	3,85	3,35	0,12	3,47
2,0....	8,35	8,85	9,5....	3,60	2,90	0,16	3,06
2,5....	7,91	8,20	10,5....	3,00	2,48	0,19	2,67
3,0....	7,66	7,65	11,5....	2,20	2,15	0,22	2,37
3,5....	6,86	7,05	12,5....	2,20	1,85	0,28	2,13
4,0....	6,19	6,55	13,5....	2,15	1,55	0,32	1,87
4,5....	6,00	6,10	15,5....	1,70	1,15	0,55	1,70
5,0....	5,40	5,72	"	"	"	"	"
5,5....	5,30	5,35	17,0....	1,70	0,95	0,58	1,53
6,0....	5,15	5,00	18,5....	1,60	0,70	0,70	1,48

» II. Si la barre n'est point assez longue pour être regardée comme infinie, et qu'elle soit terminée en O la courbe ADF se replie en avant, suivant DE, et les ordonnées de la partie repliée s'ajoutent à celles de la courbe AD. Les choses se passent comme si l'aimantation se réfléchissait à l'extrémité de la barre. L'équation de la courbe est alors

$$(2) \quad I = \frac{A}{\alpha^2} + \frac{A}{\alpha^{2l-x}}.$$

Voici la comparaison de l'expérience au calcul pour deux barres, l'une de

1 mètre, l'autre de 5 décimètres, enfoncées chacune de 15 centimètres dans la bobine, l étant égal à $7^d, 5$ et à $3^d, 5$.

Barres de longueur finie.

$l = 8,5.$			$l = 3,5.$		
Distance.	I obs.	I calc.	Distance.	I obs.	I calc.
0,0...	12,82	12,85	5,0...	7,44	7,70
0,5...	11,20	12,95	5,5...	7,30	7,55
1,0...	10,75	11,00	6,0...	7,20	7,20
1,5...	10,65	10,00	6,5...	7,10	7,03
2,0...	9,30	10,10	7,0...	7,18	6,90
2,5...	9,80	9,63	7,5...	7,20	6,85
3,0...	8,65	9,00	8,0...	6,84	6,75
3,5...	8,35	8,72	8,5...	7,40	7,70
4,0...	8,28	8,30	»	»	»
4,5...	7,72	8,00	»	»	»

» La barre de 2 mètres étudiée au premier tableau n'était point indéfinie et le deuxième terme de l'équation (2) n'était pas négligeable pour des distances à l'origine supérieures à 6,5; ce terme a été calculé comme on peut le voir dans la deuxième partie du premier tableau.

» III. On aimante maintenant la barre avec les deux bobines à la fois, mais en faisant passer les courants dans des sens opposés. La première donne, étant seule, la courbe AF_1 de magnétisme austral; la deuxième, la courbe αE_1 , qui est symétrique, et de même nom. Agissant toutes deux elles produisent une intensité égale à la somme des deux figurée en $A'K\alpha'$ et représentée par l'équation

$$(3) \quad I = \frac{A}{\alpha^2} + \frac{A}{\alpha^{l-2}}.$$

On a fait trois séries d'expériences en mettant les bobines à des distances de 15, 13, 9 décimètres.

Effet de deux bobines (courants inverses).

Distances.	$l = 15,0.$		$l = 13,0.$		$l = 9,0.$	
	I obs.	I calc.	I obs.	I calc.	I obs.	I calc.
0,0...	12,5	13,15	12,82	13,65	15,40	15,10
0,5...	11,21	12,35	12,88	12,85	14,08	14,35
1,0...	11,31	11,55	11,55	12,25	13,38	13,85
1,5...	11,09	11,05	11,45	11,65	13,00	13,50
2,0...	10,65	10,82	10,95	11,15	12,82	13,10
2,5...	10,10	10,05	10,30	10,68	12,40	12,80

Distances.	$l=15,0.$		$l=13,0.$		$l=9,0.$	
	I obs.	I calc.	I obs.	I calc.	I obs.	I calc.
3,0....	9,75	9,65	10,04	10,30	12,05	12,65
3,5....	9,40	9,20	9,75	9,95	12,20	12,40
4,0....	8,60	8,85	9,70	9,70	12,18	12,27
4,5....	8,40	8,58	9,30	9,45	12,30	12,20
5,0....	8,05	8,37	9,30	9,31	»	»
5,5....	8,00	8,15	9,50	8,35	»	»
6,0....	8,00	8,15	9,20	9,25	»	»
6,5....	7,85	7,95	9,50	9,20	»	»
7,0....	7,85	7,85	2,11	»	»	»
7,5....	7,82	8,01	»	»	»	»

» IV. On dirige maintenant les courants des bobines dans le même sens. La première aimante australement la barre suivant ADF; la deuxième lui donne un magnétisme boréal BD'E. Quand elles agissent ensemble, on a la différence ou la courbe A'OB', qui satisfait à l'équation

$$I = \frac{A}{\alpha^2} - \frac{A}{\alpha^{l-2}},$$

ce qui est précisément l'équation donnée par Biot pour les aimants d'acier, et qu'on retrouve ici par une voie plus naturelle.

Effets de deux bobines (courants parallèles).

Distances.	$l=15,0.$		$l=13,0.$		$l=9,0.$	
	I obs.	I calc.	I obs.	I calc.	I obs.	I calc.
0,0....	11,20	10,70	11,50	10,25	11,0	8,80
0,5...	9,90	9,65	9,60	9,15	7,50	7,65
1,0...	8,76	8,95	8,70	8,25	6,56	6,65
1,5...	7,75	7,75	8,02	7,35	5,35	5,50
2,0...	7,00	7,15	7,28	6,55	4,60	4,60
2,5...	6,20	6,35	6,04	5,72	3,60	3,00
3,0...	5,50	5,65	5,05	5,00	1,50	2,65
3,5...	4,72	4,90	4,85	4,15	1,75	1,70
4,0...	4,00	4,25	3,40	3,40	1,00	0,83
4,5...	3,22	3,62	2,20	2,75	»	»
5,0...	3,15	3,07	»	»	»	»
5,5...	2,40	2,45	»	»	»	»

» Ces lois, fort remarquables à cause de leur simplicité, conduisent aux remarques suivantes :

» 1° Quand les deux courants sont parallèles, les intensités produites par chacun d'eux se retranchent; quand ils sont opposés, elles s'ajoutent.

» 2° Dans le premier cas, la somme d'aimantation développée est diminuée; dans le second, elle est augmentée.

» 3° Si l'on admet la théorie des solénoïdes, l'action des courants parallèles devrait s'ajouter, et la somme des intensités être augmentée : c'est l'inverse qui a lieu.

» 4° Quand les courants des bobines sont de sens opposés, ils devraient agir inversement sur les courants particuliers du fer et les effets se retrancher; ils s'ajoutent, au contraire.

» 5° L'action des bobines devrait être nulle au milieu O : elle ne l'est pas. On ne peut dire qu'il y ait en ce milieu un pôle conséquent, car il se manifesterait par un point de rebroussement, et il n'y en a pas.

» Ces phénomènes me paraissent devoir conduire à des modifications dans la théorie des solénoïdes. »

THERMOCHEMIE. — *Sur la chaleur dégagée dans les combinaisons de l'azote avec l'oxygène; Note de M. BERTHELOT.*

« J'ai entrepris de mesurer la chaleur dégagée dans la formation des composés oxygénés de l'azote, sujet difficile, qui est resté obscur et controversé, malgré les travaux nombreux entrepris à son occasion. Il offre cependant une grande importance, tant au point de vue de la mécanique chimique que des applications relatives aux substances explosives. J'espère que les résultats obtenus dans le Mémoire actuel, par des méthodes indépendantes et qui se contrôlent, seront jugés plus satisfaisants.

» Mes recherches ont porté sur les objets suivants :

» 1° Études sur les azotites et sur leur transformation en azotates;

» 2° Formation des azotites et des azotates, à partir des éléments;

» 3° Formation thermique de tous les oxydes de l'azote, dans l'état gazeux, à partir des éléments;

» 4° Application des résultats précédents à diverses réactions et notamment aux décompositions définies de la poudre et des corps explosifs qui dérivent de l'acide azotique.

I. — ÉTUDES SUR LES AZOTITES.

» 1. Les recherches de Thermochimie doivent être exécutées à partir d'un ensemble de corps parfaitement purs, susceptibles d'être reproduits à volonté et conservés sans altération, de façon à constituer un système initial complètement défini, au double point de vue physique et chimique. Elles doivent aboutir, dans la courte durée d'une seule et même expérience,

opérée à la température ordinaire, à un système final également défini, tel que tous les composants primitifs aient éprouvé des transformations stables, simples, et très-exactement connues comme nature et comme proportions. Si je rappelle ces conditions générales des études thermochimiques, c'est qu'elles sont très-difficiles à remplir dans l'étude des composés azotés; j'ajouterai même qu'elles ne l'avaient jamais été en toute rigueur par les expérimentateurs qui m'ont précédé. Aussi me suis-je attaché d'abord à préparer un composé cristallisé, stable, parfaitement défini, et qui pût fournir à mes essais une base indiscutable. J'ai choisi l'azotite de baryte.

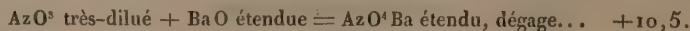
» 2. *Azotite de baryte.* — J'ai préparé ce corps par la réaction de la vapeur nitreuse (amidon attaqué par l'acide azotique) sur un mélange de carbonate et d'hydrate de baryte, tenus en suspension dans l'eau. J'ai fait cristalliser l'azotite de baryte à plusieurs reprises, de façon à le séparer complètement de l'azotate. J'ai préparé près de 1 kilogramme de ce sel et j'en ai vérifié la pureté par l'analyse (1) : AzO^4Ba , HO.

Ce sel se présente en petits prismes aiguillés et brillants, confusément assemblés. L'évaporation spontanée, très-lente, le fournit en gros cristaux maclés, qui offrent l'apparence d'une double pyramide hexagonale assez aiguë. C'est, en réalité, une forme limite, appartenant au système du prisme rhomboïdal droit, analogue à celle du sulfate de potasse.

» Voici quelques données thermiques relatives à ce sel :

1 équivalent AzO^4Ba , HO, soit 123 ^{gr} ,5, dissous dans 60 fois	Cal
son poids d'eau, absorbe.....	—4,30
Le sel anhydre, $\text{AzO}^4\text{Ba} = 114^{\text{gr}},5$	—2,84
Donc la réaction : $\text{AzO}^4\text{Ba} + \text{HO}$ dégage.....	+1,46

» La dissolution très-étendue d'azotite de baryte a été décomposée par l'acide sulfurique dilué; en dégageant pour 1 équivalent : + 7^{Cal},9. J'ai d'ailleurs reconnu que l'acide azoteux très-étendu est mis à nu dans ces conditions, sans formation bien sensible d'acide azotique, comme le prouve son dosage par le permanganate. D'ailleurs, la formation du sulfate de baryte, d'après mes expériences, dégage + 18,40 à partir de l'acide sulfurique et de la base étendue : on peut conclure de ces chiffres que :



(1) 100 parties de sel cristallisé ont perdu à l'étuve.....	7,6; formule : 7,3
100 parties de sel desséché ont fourni, sulfate de baryte.	101,5; formule : 101,7
Enfin 100 parties de sel cristallisé ont absorbé, en se changeant	
en azotate sous l'influence du permanganate de potasse,	
Oxygène.....	12,6; formule : 12,9

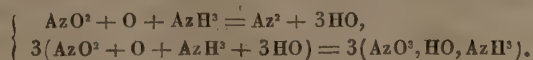
C'est $3^{\text{cal}},3$ de moins que les acides azotique et chlorhydrique, ce qui montre que l'acide azoteux doit être rangé parmi les acides faibles. Cette différence pourrait être due à ce qu'il se déshydraterait, en tout ou en partie, avec dégagement de chaleur, au moment où il prend naissance, comme semble le faire l'acide carbonique (*Annales de Physique et de Chimie*, 4^e série, t. XXX, p. 505). Au surplus, l'acide chlorhydrique étendu déplace complètement l'acide azoteux dans les azotites alcalins dissous, d'après les mesures thermiques; tandis qu'en présence de la baryte l'acide acétique donne lieu à un partage, variable suivant les proportions relatives, et qui paraît devoir s'expliquer aussi par la déshydratation partielle de l'acide azoteux dans ses dissolutions.

» 3. *Azotite d'ammoniaque.* — Ce sel n'a guère été étudié jusqu'ici. Je l'ai préparé par double décomposition entre les solutions concentrées, mais froides, de sulfate d'ammoniaque et d'azotite de baryte. On évapore dans le vide, sur la chaux vive, aussi rapidement que possible. On obtient un sel blanc, cristallin, mais élastique et tenace; il se laisse rouler entre les doigts et il adhère aux parois des vases, à la façon du pseudo-camphre artificiel. Il est neutre aux réactifs colorés. Sa composition répond exactement à la formule $\text{AzO}^3, \text{AzH}^3, \text{HO}$. Il est très-déliquescant.

» Ce sel se décompose spontanément en dégageant de l'azote, même à la température ordinaire, sans changement dans la neutralité. La réaction, très-lente en hiver, s'accélère en été. Chauffé vers 60 à 70 degrés au bain-marie, il demeure quelque temps sans changement apparent, puis il *détone* avec violence. Il détone également sous le choc du marteau; ce sel doit donc être manié avec prudence.

» Les solutions aqueuses et concentrées de l'azotite d'ammoniaque se décomposent beaucoup plus vite à froid que le sel sec, et beaucoup plus vite aussi que les solutions étendues, minimum de stabilité fort singulier et difficile à expliquer. Aussi ces solutions, étant agitées, moussent comme du vin de Champagne. La réaction s'accélère avec l'élévation de température, mais se ralentit extrêmement avec la dilution.

» On obtient ce sel du premier coup, sous forme de cristaux, en faisant arriver dans une éprouvette, par de larges tubes, de l'oxygène et un mélange sec de bioxyde d'azote et de gaz ammoniac. L'eau nécessaire à la constitution de l'azotite est fournie ici par une portion des trois gaz



C'est une élégante expérience, qui permet de montrer aisément l'azotite

d'autre oxyde du chlore que l'acide hypochloreux (la chaleur dégagée fournit une vérification à cet égard, comme je le dirai ailleurs). Cela fait, on pèse un poids d'azotite de baryte strictement équivalent au poids du chlore absorbé; on le dissout, on mélange sa dissolution avec celle de l'hypochlorite, ce qui dégage une quantité de chaleur q , à peu près négligeable; on ajoute aussitôt de l'acide chlorhydrique étendu, en excès notable, ce qui dégage une nouvelle quantité de chaleur Q_1 . Dans ces conditions, tout le chlore introduit au début se trouve à la fin et, dans un moment, changé en acide chlorhydrique, comme il est facile de le vérifier. L'état final est donc complètement défini, aussi bien que l'état initial, sans qu'il y ait lieu de se préoccuper des états intermédiaires. La somme $Q + q + Q_1$ représente la chaleur totale dégagée; soit, pour $\text{Cl}^2 = 71^{\text{gr}}$,

$$\frac{Q + q + Q_1}{p} 71 = S.$$

La chaleur dégagée, du système initial au système final, est donc $69 + S$.

» Mais on aurait pu suivre aussi la marche que voici :

Unir 2H avec 2Cl en formant 2HCl étendu, ce qui dégage..... + 78,6
 Puis $n\text{HCl}$ étendu avec $n\text{BaO}$ dissoute, ce qui dégage..... + 13,85 n
 Enfin $2\text{O} + \text{AzO}^1\text{Ba}$ dissous = AzO^2Ba dissous..... x .

La somme thermique étant la même dans les deux marches, on a

$$S - 13,85n - (78,6 - 69) = x.$$

Mes expériences ont donné : $x = + 22,1$.

» On remarquera l'artifice employé dans ces expériences pour éviter l'emploi du chlore gazeux dans un milieu neutre, ou acide, ou tel que la transformation du chlore en chlorure ne soit pas absolument instantanée, toutes conditions qui exposent l'opérateur à une formation variable des oxydes du chlore, comme je l'ai prouvé précédemment (1). J'ai également écarté l'acide hypochloreux libre, parce que cet acide ne peut guère être obtenu tout à fait exempt de chlore ou d'oxydes supérieurs du chlore; en outre, il s'altère avec promptitude, spontanément, et aussi en présence des corps qu'il oxyde, surtout dans un milieu acide, comme je l'ai observé. Ces circonstances, déjà connues des chimistes, et sur lesquelles je reviendrai, doivent, à mon avis, faire rejeter tout à fait l'emploi de l'acide hypochloreux libre et dissous, au même titre que celui du chlore dissous à l'avance, dans les expériences calorimétriques précises.

(1) *Comptes rendus*, t. LXXVI, p. 1514.

» 2° *Bioxyde de baryum*. — Système initial : $\text{AzO}^4 \text{Ba}$ dissous; 2BaO anhydre; O^2 gaz; 2HCl dissous, les corps étant séparés.

» Système final : $\text{AzO}^6 \text{Ba}$ dissous + $2(\text{BaCl} + \text{HO})$ dissous.

» J'ai préparé d'abord du bioxyde de baryum pur, BaO^2 , en précipitant l'eau oxygénée brute par l'eau de baryte; j'ai séché le corps dans le vide et j'en ai vérifié la composition. J'ai déterminé la chaleur dégagée par l'oxydation de la baryte, en dissolvant le bioxyde pur dans une solution chlorhydrique étendue de chlorure stanneux. Le calcul, fait d'après mes mesures sur la chloruration *directe* du chlorure stanneux très-fortement acide, et sur la réaction entre la baryte anhydre et l'acide chlorhydrique (*Comptes rendus*, t. LXXVI, p. 1518 et 1109), donne :

BaO anhydre + O gaz = BaO^2 anhydre dégageant.....	+ 5,9 ^{Cal}
J'ai trouvé d'ailleurs $\text{BaO}^2 + \text{HCl}$ étendu = BaCl dissous + HO^2 étendue dégageant	+ 11,0
D'où je tire, par un calcul facile, $\text{HO} + \text{O} = \text{HO}^2$ absorbent.....	- 10,9

» C'est là la chaleur absorbée dans la formation de l'eau oxygénée; elle s'accorde avec la valeur que MM. Favre et Silbermann ont trouvée en décomposant ce corps au moyen du platine. Je la signale en passant, à cause de son intérêt propre; mais elle n'entre pas dans mes calculs.

» Ces données acquises, j'ai dissous un poids connu p (soit 8^{gr}, 5) de bioxyde de baryum dans l'acide chlorhydrique, ce qui a dégagé une chaleur Q ; j'ai ajouté à la liqueur un poids strictement équivalent d'azotite de baryte dissous, ce qui a dégagé Q' , l'azotite étant entièrement changé en azotate, comme je l'ai vérifié. E étant l'équivalent de BaO^2 , on a

$$\frac{Q+Q'}{p} E = S.$$

La chaleur totale dégagée depuis le système initial sera donc : $5,9 + S$.

» Or j'ai trouvé que BaO anhydre + HCl étendu dégage + 27,8. Si l'on avait dissous la baryte directement dans l'acide et oxydé l'azotite par l'oxygène libre, on aurait dégagé 27,8 + x . Donc

$$x = S - (27,8 - 5,9) = + 21,3,$$

moyenne de mes expériences, qui sont fort concordantes.

» 3° *Brome liquide*

» 4° *Permanganate de potasse*. — Les expériences effectuées dans une liqueur très-acide, par un excès de réactif, que l'on achève de détruire ensuite au moyen de l'acide oxalique, ont été calculées à l'aide des nombres que j'ai donnés pour les oxydations effectuées à l'aide du permanganate

(*Comptes rendus*, t. LXXVI, p. 1438); ces résultats offrent moins de certitude que ceux des deux premières méthodes, à cause de la complication des réactions du permanganate. Leur moyenne est cependant suffisamment rapprochée : + 21,1.

» Ainsi la réaction : AzO^4Ba dissous + $\text{O}^2 = \text{AzO}^6\text{Ba}$ dissous, dégage :

D'après les résultats obtenus avec le chlore gazeux	+ 22,1
» le bioxyde de baryum	+ 21,3
» le permanganate de potasse	+ 21,1
J'adopterai la moyenne	+ 21,5

valeur qui s'applique à peu près à tous les azotites alcalins dissous.

» Pour les sels solides, tels que AzO^4Ba + $\text{O}^2 = \text{AzO}^6\text{Ba}$, il faut ajouter la différence de leurs chaleurs de dissolution, soit, d'après mes essais :

$$4,64 - 2,84 = 1,80, \text{ ce qui fait } + 23,3.$$

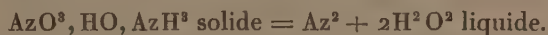
$$\text{AzO}^4\text{Am} + \text{O}^2 = \text{AzO}^6\text{Am} \text{ dégage, sels dissous } + 21,6; \text{ sels solides } + 23,1$$

$$\text{AzO}^4\text{Ag} + \text{O}^2 = \text{AzO}^6\text{Ag} \quad \text{»} \quad \text{sels dissous } + 20,1; \text{ sels solides } + 17,0$$

$$\text{Enfin } \text{AzO}^3 \text{ très-dilué} + \text{O}^2 = \text{AzO}^3\text{HO étendu dégage } + 18,2,$$

II. — FORMATION THERMIQUE DES AZOTITES DEPUIS LES ÉLÉMENTS.

» 1. L'étude de cette formation est de la plus haute importance; car elle fixe les valeurs numériques relatives à tous les oxydes de l'azote et à leurs combinaisons; mais jusqu'ici aucune solution expérimentale n'avait été même essayée, à cause de l'extrême difficulté du sujet. Après divers tâtonnements, je suis arrivé au résultat, en mesurant la chaleur dégagée lorsque l'azotite d'ammoniaque se résout en azote et eau,



» Je place des poids connus d'azotite (2 à 3 grammes) et d'eau (1 à 2 grammes) entre deux enceintes concentriques de verre mince, extrêmement rapprochées; l'enceinte extérieure est fixée dans une troisième enceinte pleine d'air, plongée elle-même au fond du calorimètre. Dans l'enceinte centrale, qui communique au dehors par une très-petite surface, on introduit de l'eau chaude, laquelle apporte une quantité de chaleur connue d'après des expériences semblables faites à blanc; elle est capable de porter vers 80 degrés la température de la solution très-concentrée d'azotite qui l'enveloppe. L'azote se dégage aussitôt par un serpentín disposé à cet effet; il est recueilli et mesuré. Quand la réaction se ralentit, on brise tout le système des vases concentriques, de façon à produire un mélange exact et un équilibre de température dans le calorimètre. Cela

fait, on dose l'azotite qui reste dans les liqueurs, afin de calculer par différence l'azotite décomposé; ce dosage, toujours concordant avec celui de l'azote, a prouvé qu'il n'y avait point de réaction secondaire. La quantité de chaleur dégagée par la réaction est la différence entre la quantité trouvée et la quantité introduite. J'ai obtenu

1 ^{er} essai.....	^{Cal} + 78,2	Azotite détruit.....	0,277
2 ^e »	+ 80,4	»	0,890
3 ^e »	+ 76,8	»	0,274
4 ^e »	+ 81,2	»	0,138

» Ces chiffres sont aussi rapprochés qu'on peut l'attendre d'un procédé si compliqué. Je les ai donnés tous sans exception. La moyenne serait + 79,4; mais j'adopterai de préférence + 80,4, valeur qui répond à un poids d'azotite décomposé plus que triple de celui des autres essais, ainsi qu'à un dégagement de chaleur observé beaucoup plus grand et presque égal à la quantité auxiliaire. Ce chiffre, qui répond à la valeur énorme de 1257 Calories par kilogramme d'azotite, en explique les propriétés explosives. Il permet d'évaluer la formation des acides azoteux et azotique.

» Système initial : $Az^2 + 2H^2 + O^3$; système final : $Az^2 + 2H^2O^2$.

» D'une part $2H^2 + 2O^3 = 2H^2O^2$ dégage + 138; d'autre part

$Az + H^3 = AzH^3$ dissous : + 35,15; $Az + O^3 = AzO^3$ dissous : x ;

$H + O = HO$ + 34,5; l'union de l'acide et de la base, + 9,1; la séparation de l'azotite solide, + 4,75; enfin sa décomposition, + 80,4; effets dont la somme égale + 138. D'où je tire

$$Az + O^3 = AzO^3 \text{ étendu absorbe } x = - 25,9,$$

et $Az + O^5 = AzO^5 \text{ étendu : } - 25,9 + 18,2, \text{ soit } - 7,7.$

» Cette dernière valeur peut être obtenue d'ailleurs, par le calcul, sans passer par l'acide azoteux libre, qui pourrait donner lieu à certains doutes, mais uniquement par les azotites d'ammoniaque, de baryte, et par l'azotate de baryte, d'après les données des expériences du présent Mémoire. Elle s'accorde, comme je le montrerai, avec les déterminations de la chaleur de combustion de la poudre, faites récemment par MM. Roux et Sarrau, et par M. de Tromenec, lesquelles ont donné des nombres beaucoup plus élevés que l'ancien chiffre de M. Bunsen.

» En résumé, les acides azoteux et azotique (en faisant abstraction de l'eau qu'ils renferment) sont engendrés avec absorption de chaleur, depuis les éléments. J'établirai bientôt qu'il en est de même de tous les oxydes de l'azote, anhydres et gazeux. »

ANATOMIE COMPARÉE. — *Ostéologie des membres antérieurs de l'Ornithorhynque et de l'Echidné, comparée à celle des membres correspondants dans les Reptiles, les Oiseaux et les Mammifères.* Note de M. CH. MARTINS.

« Tous les zoologistes connaissent les nombreuses analogies signalées par sir Everard Home, de Blainville, Meckel, Geoffroy Saint-Hilaire, Cuvier et Owen, entre les Monotrèmes d'un côté, les Reptiles et les Oiseaux de l'autre. Cette Note a pour but d'en faire connaître une nouvelle : celle qui existe entre l'ostéologie des membres antérieurs de l'Ornithorhynque et de l'Echidné comparée à la charpente osseuse de l'aile d'un Oiseau ou de la patte antérieure d'un Reptile. L'humérus des Monotrèmes, comme celui des Reptiles et des Oiseaux, n'est tordu que de 90 degrés environ. La tête humérale de tous ces animaux offre une surface elliptique dont le grand axe est dirigé de bas en haut et de dehors en dedans, et non d'avant en arrière comme dans les autres Quadrupèdes. Les deux tubérosités bicipitales sont converties en crêtes latérales semblables à celles des Oiseaux et l'articulation renferme un osselet intra-capsulaire qui existe également chez beaucoup d'entre eux. La forme générale de l'humérus n'est point celle de cet os dans les Reptiles et les Oiseaux ; il est court, élargi et hérissé d'apophyses comme celui de la Taupe. A l'avant-bras l'analogie avec les Oiseaux paraît, le cubitus est *en dehors* et le radius *en dedans*. Ces deux os ont la même position que leurs homologues de la jambe, le péroné et le tibia.

» Si l'avant-bras des Monotrèmes ressemble plus à celui des Oiseaux qu'à celui des Reptiles, la main de l'Oiseau avec ses doigts avortés et munis de plumes n'a que des analogies bien éloignées avec les cinq doigts palmés de l'Ornithorhynque ou ceux armés d'ongles énormes qui caractérisent l'Echidné. Sous ce point de vue, les Monotrèmes rentrent complètement dans le type mammalogique. La main de l'Ornithorhynque, animal amphibie, est celle d'une Loutre ; celle de l'Echidné, animal fouisseur, ne diffère que par la grandeur de celle de la Taupe.

» L'appareil sternal des Monotrèmes est très-fort et très-compiqué ; il se compose de six pièces distinctes : 1° un sternum étroit, articulé avec cinq extrémités de côtes ossifiées comme celles des Oiseaux ; 2° un épisternum (présterneum de M. Kitchin Parker) ; 3° un os inter-claviculaire (os furculaire de Geoffroy, os en Y de Cuvier, os en T d'Owen) ; 4° deux os épioracoïdiens ; 5° deux os coracoïdes ; 6° deux clavicules. Les coracoïdes et les clavicules unissent l'épisternum à l'omoplate. Tous ces os se retrouvent partiellement chez les Reptiles et chez les Oiseaux ; mais l'appareil complet n'existe que chez les Halisauriens et, en particulier, chez l'Ichthyo-

saure. Ainsi, voilà un appareil osseux compliqué qui apparaît pour la première fois chez les Reptiles ichthyoïdes des mers liasiques, se propage partiellement à travers la série des Reptiles et des Oiseaux fossiles et vivants, reparait dans les plus inférieurs des Mammifères et disparaît dans le reste de la classe, où il n'est plus représenté que par le sternum, l'apophyse coracoïde, la clavicule et l'épisternum plus ou moins avorté. Pour les naturalistes initiés à la doctrine de l'évolution, ces faits n'ont rien de surprenant et montrent, ajoutés à beaucoup d'autres, que les Reptiles, les Oiseaux et les Mammifères ont une origine commune qui explique leurs ressemblances. La découverte récente, dans l'argile de Londres, d'un Oiseau muni de dents, l'*Odontopteryx toliapicus*, décrit et figuré par M. Owen, est un nouvel et puissant argument en faveur de cette doctrine.

» Étudions maintenant les membres antérieurs des Monotrèmes au point de vue fonctionnel. L'Ornithorhynque est un fouisseur amphibie, l'Échidné un fouisseur terrestre. Examinons comparativement l'animal fouisseur par excellence : la Taupe. L'analogie de ses membres antérieurs avec ceux des Monotrèmes est frappante : humérus, os de l'avant-bras parallèles entre eux, radius *en dedans*, cubitus *en dehors*, tout est semblable; la structure de la main est celle de la main de l'Échidné. L'appareil sternal est différent. Un épisternal aussi long que le sternum lui-même s'articule avec le *manubrium*; il porte une crête qui rappelle le bréchet des Oiseaux et s'articule latéralement avec la première paire de côtes, et supérieurement avec deux clavicules courtes et fortes. Comme les Monotrèmes, la Taupe présente donc un appareil de renforcement, mais il se réduit à l'épisternal. Les coracoïdiens, les épioracoïdiens et l'interclaviculaire ou os en Y manquent complètement. Ainsi la fonction de fouir s'exerce chez la Taupe avec des organes réduits, et le sternum compliqué des Monotrèmes n'est point un appareil construit en vue de cette fonction. Comment le serait-il, puisque, chez l'Ichthyosaure, il n'était qu'un point d'appui des palettes natatoires d'un animal essentiellement pélagique?

» Allons plus loin et jetons un coup d'œil sur l'appareil sternal d'autres Mammifères fouisseurs et voyons s'il présente des dispositions spéciales en rapport avec la fonction qu'il doit remplir. Quelques-uns, *Bathyergus*, *Arctomys*, *Arvicola agrestis*, *Orycteropus*, ont une clavicule plus ou moins forte, qui s'articule avec l'épisternum. Dans le Lapin, l'épisternum existe; mais la clavicule, très-grêle, n'est ossifiée que dans sa partie interne et, par conséquent, sans usage. Chez les Tatous, elle est également incomplète, et elle disparaît enfin complètement dans les Pangolins et les Blaireaux, quoique l'épisternum subsiste toujours. On voit donc que, dans les

animaux fouisseurs appartenant à divers ordres de la classe des Mammifères, l'acte de fouir ne correspond pas à un appareil déterminé dont toutes les parties seraient combinées de façon que l'animal puisse creuser rapidement le sol. Les Monotrèmes seuls ont des os coracoïdiens, épioracoïdiens et interclaviculaires; l'épisternum seul persiste, comme du reste dans beaucoup d'animaux non fouisseurs, tels que le Phoque, le Tapir, le Cochon, le Daman et plusieurs espèces du genre *Felis*. Les animaux fouisseurs dépourvus de tout os de renforcement n'en creusent pas moins la terre. Il devient donc évident que le sternum compliqué de l'Ornithorhynque et de l'Échidné n'a pas un but fonctionnel : c'est un héritage des Reptiles ichthyoïdes, de même que tous les caractères, les uns propres aux Reptiles, les autres aux Oiseaux, quelques-uns communs à tous deux, qui, réunis dans les Monotrèmes à des caractères mammalogiques importants, leur assignent une place à la limite extrême des Mammifères. Ils forment le passage aux Reptiles, dont les Oiseaux sont également issus. Seule, la doctrine de l'évolution rend compte de ces faits, que l'on considérerait autrefois comme la preuve sans réplique d'un plan préconçu dans l'ensemble systématique du Règne animal. »

M. LE VERRIER fait hommage à l'Académie du tome X des *Annales de l'Observatoire de Paris*, partie des Mémoires.

« Le tome IX des *Annales de l'Observatoire* (partie des Mémoires) a paru en 1868. Les événements avaient arrêté la suite de la publication. Cependant l'Observatoire ayant été reconstitué par le décret du 13 février 1873, le Conseil approuva, dès la première de ses séances, la reprise des publications. L'Observatoire publie aujourd'hui le tome X des Mémoires. Le tome XI est sous presse. La suite des volumes des *Observations* est également sous presse. Il en est de même de la suite des cartes de l'Atlas éclipstique.

» L'ensemble du travail marche rapidement et avec précision, grâce à l'Imprimerie de M. Gauthier-Villars, qui tient à nous donner des premières épreuves exemptes de toute faute.

» Le présent volume contient :

» 1^o Le Mémoire présenté à l'Académie par M. Le Verrier dans la séance du 26 août 1872 et relatif aux actions mutuelles de Jupiter et de Saturne;

» 2^o Le Mémoire présenté à l'Académie par MM. Wolf et André, et relatif aux apparences singulières qui ont souvent accompagné l'observation des contacts de Mercure et de Vénus avec le bord du Soleil. »

MÉMOIRES PRÉSENTÉS.

MÉCANIQUE ANALYTIQUE. — *Sur le Problème des trois Corps.*

Note de M. F. SIACCI.

(Renvoy à la Commission précédemment nommée.)

« Lagrange est le premier qui ait réduit le nombre des intégrations à faire, pour la résolution du Problème des trois Corps à *sept*, une quadrature non comprise. Plus récemment, Jacobi, M. Bertrand, Bour, M. Brioschi et d'autres illustres géomètres, sont arrivés par des voies diverses à des réductions équivalentes (1). Les méthodes de Bour et de M. Brioschi sont surtout remarquables en cela, qu'elles réduisent le Problème des trois Corps à celui de deux points fictifs (ceux qui sont donnés par la transformation bien connue de Jacobi) se mouvant dans un plan, qui est le plan même des trois corps donnés.

» J'ai l'honneur de présenter à l'Académie une méthode, au moyen de laquelle, quel que soit le système de coordonnées qu'on adopte pour déterminer la position des deux points fictifs, on peut toujours avoir plusieurs systèmes canoniques de huit équations, dont chacun réduit par conséquent à sept le nombre des intégrations à faire, en tenant compte de l'intégrale des forces vives. Je fais ensuite une application, où je trouve un système d'équations représentant aussi le mouvement de deux points dans un plan qui est, dans ce cas, le plan parallèle aux vitesses des trois corps, rapportées au centre de gravité.

» Soit

$$(1) \quad \left\{ \begin{array}{l} \frac{dX_i}{dt} = \frac{\partial H}{\partial X'_i}, \quad \frac{dY_i}{dt} = \frac{\partial H}{\partial Y'_i}, \quad \frac{dZ_i}{dt} = \frac{\partial H}{\partial Z'_i} \\ \frac{dX'_i}{dt} = -\frac{\partial H}{\partial X_i}, \quad \frac{dY'_i}{dt} = -\frac{\partial H}{\partial Y_i}, \quad \frac{dZ'_i}{dt} = -\frac{\partial H}{\partial Z_i} \end{array} \right\} (i = 1, 2)$$

un système d'équations canoniques du Problème des trois Corps, où X_i , Y_i , Z_i sont les coordonnées orthogonales de l'un des deux points fictifs, dont la dernière est supposée perpendiculaire au plan invariable. De ces équations, quatre intégrales sont connues, celle des forces vives $H = h$, et

(1) LAGRANGE, *Récueil des pièces qui ont remporté les prix de l'Académie des Sciences*, t. IX. — JACOBI, *Comptes rendus*, 1842. — BERTRAND, *Journal de Liouville*, 1852, p. 393. — BOUR, *Journal de l'École Polytechnique*, 1856. — BRIOSCHI, *Comptes rendus*, 1868.

les trois des aires

$$\Sigma_i(Y_i Z'_i - Z_i Y'_i) = 0, \quad \Sigma_i(Z_i X'_i - X_i Z'_i) = 0, \quad \Sigma_i(X_i Y'_i - Y_i X'_i) = k.$$

» Transformons ce système dans un autre, en posant

$$\begin{aligned} X_i &= ax_i + by_i + cz_i, & Y_i &= a'x_i + b'y_i + c'z_i, & Z_i &= a''x_i + b''y_i + c''z_i; \\ X'_i &= ax'_i + by'_i + cz'_i, & Y'_i &= a'x'_i + b'y'_i + c'z'_i, & Z'_i &= a''x'_i + b''y'_i + c''z'_i; \end{aligned}$$

où a, b, c, a', \dots sont les neuf cosinus d'une substitution orthogonale, variables avec le temps. Nous supposons que l'axe des x reste toujours sur le plan XY , et nous appellerons ψ l'angle qu'il fait avec l'axe des X , et θ l'angle compris entre z et Z . Dès lors les trois intégrales des aires pourront s'écrire comme il suit :

$$(2) \quad \Sigma_i(\gamma_i z'_i - z_i \gamma'_i) = 0, \quad \Sigma_i(z_i x'_i - x_i z'_i) = -k \sin \theta, \quad \Sigma_i(x_i \gamma'_i - \gamma_i x'_i) = k \cos \theta.$$

H gardera la même forme qu'auparavant, et le système (1) se changera, comme on peut le vérifier, en

$$(3) \quad \begin{cases} \frac{dx_i}{dt} = \frac{\partial(H-K)}{\partial x'_i}, & \frac{dy_i}{dt} = \frac{\partial(H-K)}{\partial y'_i}, & \frac{dz_i}{dt} = \frac{\partial(H-K)}{\partial z'_i}; \\ \frac{dx'_i}{dt} = \frac{\partial(K-H)}{\partial x_i}, & \frac{dy'_i}{dt} = \frac{\partial(K-H)}{\partial y_i}, & \frac{dz'_i}{dt} = \frac{\partial(K-H)}{\partial z_i}, \end{cases}$$

où

$$\begin{aligned} K &= \Sigma_i[p(\gamma_i z'_i - z_i \gamma'_i) + q(z_i x'_i - x_i z'_i) + r(x_i \gamma'_i - \gamma_i x'_i)], \\ p dt &= c db + c' db' + c'' db'', \quad q dt = a dc + a' dc' + a'' dc'', \quad r dt = b da + b' da' + b'' da''. \end{aligned}$$

» Cela posé, qu'on transforme encore $x_1, y_1, z_1, x_2, y_2, z_2$ au moyen de substitutions arbitraires en q_1, q_2, \dots, q_6 , et $x'_1, y'_1, z'_1, x'_2, y'_2, z'_2$ en p_1, p_2, \dots, p_6 par les relations

$$x'_i = \Sigma_j p_j \frac{\partial q_j}{\partial x_i}, \quad y'_i = \Sigma_j p_j \frac{\partial q_j}{\partial y_i}, \quad z'_i = \Sigma_j p_j \frac{\partial q_j}{\partial z_i}, \quad (j = 1, 2, \dots, 6).$$

Les douze équations (3) se changeront sans difficulté en

$$(4) \quad \frac{dq_j}{dt} = \frac{\partial(H-K)}{\partial p_j}, \quad \frac{dp_j}{dt} = \frac{\partial(K-H)}{\partial q_j},$$

et les intégrales (2) prendront les formes

$$(5) \quad f_1(p_j q_j) = 0, \quad f_2(p_j q_j) = -k \sin \theta, \quad f_3(p_j q_j) = k \cos \theta.$$

» Or, θ et ψ étant des fonctions du temps, on pourra les déterminer, soit directement, soit implicitement, au moyen de deux relations arbitraires

entre les douze variables p_j, q_j . Nous déterminerons θ et ψ en supposant nulles deux quelconques des douze variables, par exemple q_5, q_6 . Alors de (5) on pourra tirer les valeurs θ, p_5, p_6 , et écrire les deux dernières dans les huit équations

$$\frac{d_i}{dt} = \frac{\partial(H-K)}{\partial p_i}, \quad \frac{dp_i}{dt} = \frac{\partial(K-H)}{\partial q_i}, \dots, \quad \frac{dq_i}{dt} = \frac{\partial(H-K)}{\partial p_i}, \quad \frac{dp_i}{dt} = \frac{\partial(K-H)}{\partial q_i},$$

après avoir exécuté les dérivations. Quant aux valeurs de p, q, r , qui figurent dans les dérivées de K , on les tirerait des équations

$$0 = \frac{\partial(H-K)}{\partial p_5}, \quad 0 = \frac{\partial(H-K)}{\partial p_6}, \quad r = -q \cot \theta,$$

puisque'on a d'ailleurs les relations connues $q dt = \sin \theta d\psi$, $r dt = -\cos \theta d\psi$.

» Nous démontrerons maintenant que les huit équations, après les substitutions indiquées, conservent leur forme canonique. En effet, si $\left(\frac{\partial H}{\partial q_i}\right)$ représente le résultat de la dérivation de H par rapport à q_i lorsqu'on y remplace d'avance les quantités p_5 et p_6 , on aura

$$\left(\frac{\partial H}{\partial q_i}\right) = \frac{\partial H}{\partial q_i} + \frac{\partial H}{\partial p_5} \frac{\partial p_5}{\partial q_i} + \frac{\partial H}{\partial p_6} \frac{\partial p_6}{\partial q_i} = \frac{\partial(H-K)}{\partial q_i} + \frac{\partial K}{\partial q_i} + \frac{\partial K}{\partial p_5} \frac{\partial p_5}{\partial q_i} + \frac{\partial K}{\partial p_6} \frac{\partial p_6}{\partial q_i}.$$

Les trois derniers termes représentent la dérivée de K par rapport à q_i lorsqu'on y remplace d'avance q_5 et q_6 . Or ces valeurs sont tirées des équations (5); donc cette dérivée se réduira à

$$p \frac{\partial(0)}{\partial q_i} - q \frac{\partial(k \sin \theta)}{\partial q_i} + r \frac{\partial(k \cos \theta)}{\partial q_i} = -k(q \cos \theta + r \sin \theta) \frac{\partial \theta}{\partial q_i} = 0.$$

De la même manière, on obtiendrait $\left(\frac{\partial H}{\partial p_i}\right) = \frac{\partial(H-K)}{\partial p_i}, \dots$; donc

$$\frac{dq_i}{dt} = \left(\frac{\partial H}{\partial p_i}\right), \quad \frac{dp_i}{dt} = -\left(\frac{\partial H}{\partial q_i}\right), \dots, \quad \frac{dq_i}{dt} = \left(\frac{\partial H}{\partial p_i}\right), \quad \frac{dp_i}{dt} = -\left(\frac{\partial H}{\partial q_i}\right).$$

Après les sept intégrations, on aura ψ de l'équation $d\psi = -r \sec \theta dt$ par une simple quadrature; car r et θ seront des fonctions connues du temps. Nous aurions pu annuler une autre paire de variables, par exemple q_i et p_6 , évidemment avec le même succès. Des soixante-six combinaisons resteront naturellement écartées, dans les cas particuliers, celles, s'il y en a, où les équations (5) ne donnent pas les variables conjuguées aux variables annulées.

» Nous ferons une application en retenant les variables x_i, y_i, z_i ,

x'_i, y'_i, z'_i . Nous ferons $z'_1 = z'_2 = 0$. Alors, des équations (2), on a

$$z_1 = \frac{y'_2 k \sin \theta}{x'_2 y'_1 - x'_1 y'_2}, \quad z_2 = \frac{y'_1 k \sin \theta}{x'_1 y'_2 - x'_2 y'_1},$$

$$k \sin \theta = \sqrt{k^2 + (x_1 y'_1 - y_1 x'_1 + x_2 y'_2 - y_2 x'_2)^2}.$$

Ces valeurs seront mises en H, et l'on aura les huit équations

$$\frac{dx_i}{dt} = \left(\frac{\partial H}{\partial x'_i} \right), \quad \frac{dy_i}{dt} = \left(\frac{\partial H}{\partial y'_i} \right), \quad \frac{dx'_i}{dt} = - \left(\frac{\partial H}{\partial x_i} \right), \quad \frac{dy'_i}{dt} = - \left(\frac{\partial H}{\partial y_i} \right),$$

dont reste l'intégrale $H = h$. Le plan xy est, en vertu de $z'_1 = z'_2 = 0$, le plan parallèle aux vitesses des trois corps, rapportées au centre de gravité.

» Si l'on faisait $z_1 = z_2 = 0$, on aurait obtenu les équations de Bour, mais sous une autre forme. On les retrouverait sous la même forme dans laquelle il les a données, en faisant $x_i = r_i \cos \alpha_i \cos \beta_i$, $y_i = r_i \cos \alpha_i \sin \beta_i$, $z_i = r_i \sin \beta_i$, et en annulant ensuite soit α_i et α_2 , soit β_i et β_2 . Si l'on annulait les conjuguées de β_i et de β_2 , on tomberait sur le système de Jacobi réduit à la forme canonique. Si l'on fait, enfin, $\beta_i = \varepsilon_i + \varepsilon_2$, $\beta_2 = \varepsilon_i - \varepsilon_2$, et ensuite $\varepsilon_i = \varepsilon_2 = 0$, on trouve le système de M. Brioschi, qui est analogue à celui de Bour, mais qu'il a déduit par une analyse bien plus simple et qui émane du même principe, d'où j'ai déduit, jusqu'à un certain point, la méthode que je viens d'exposer. »

OPTIQUE. — *Études sur la diffraction ; méthode géométrique pour la discussion des problèmes de diffraction.* Note de M. A. CORNU. (Extrait par l'auteur).

(Commissaires : MM. Bertrand, Fizeau, Jamin.)

« Je me propose, dans une série de Notes, de résumer diverses recherches théoriques et expérimentales relatives à la diffraction. Je commencerai par l'indication sommaire d'une méthode géométrique qui permet de résoudre presque intuitivement la plupart des problèmes classiques de la diffraction d'une onde cylindrique et de relever, sur un tracé graphique construit une fois pour toutes, la valeur numérique des éléments inconnus. Elle est fondée sur le théorème de cinématique désigné parfois sous le nom de règle de Fresnel sur la composition de mouvements vibratoires parallèles et de même période.

» Si l'on représente symboliquement chaque mouvement vibratoire par une droite, dont la longueur comptée à partir d'une origine fixe et égale à son amplitude et dont la direction avec un axe fixe représente sa phase, le mouvement vi-

bratoire, résultant de la superposition de tous ces mouvements, est représenté symboliquement comme amplitude et comme phase par la grandeur et la direction de la résultante de toutes ces droites.

» L'application de ce théorème permet de remplacer les sommations qu'on rencontre dans les problèmes de diffraction par la recherche de la résultante, ou corde, d'un arc de courbe dont la définition va ressortir de l'analyse élémentaire du phénomène donné par Fresnel.

» Imaginons une onde cylindrique de rayon r qui envoie un mouvement vibratoire permanent à un point à N situé à une distance $r + d$ du centre de l'onde : décomposons la base de l'onde en arcs infiniment petits ds ; d'après le principe d'Huyghens et les remarques de Fresnel, on conclut que le mouvement vibratoire du point N est donné par la formule

$$(1) \quad u = k \int ds \sin 2\pi \left(\frac{t}{T} + \frac{r+d}{2r\lambda d} s^2 \right) = A \sin 2\pi \left(\frac{t}{T} + \Phi \right),$$

λ étant la longueur d'onde, et T la période du mouvement vibratoire. Les limites de l'intégrale dépendent de la portion d'onde dont on cherche l'action sur le point N; l'amplitude A et la phase Φ résultantes s'obtiennent par identification avec la dernière expression.

» Nous pouvons effectuer géométriquement cette sommation en composant par la règle de Fresnel les amplitudes envoyées au point N par chaque élément ds de la base de l'onde. En effet, soient $M m_1, m_1 m_2, m_2 m_3$ les arcs infiniment petits ds entre lesquels la base de l'onde est décomposée (M étant le pôle de l'onde ou le point le plus rapproché de N), chacun d'eux fonctionne comme une source lumineuse et envoie au point N un mouvement vibratoire dont l'amplitude infiniment petite est $d\sigma$; mais la phase de chacun de ces mouvements varie comme les différences de marche δ relativement au pôle. Portons, à partir d'une origine fixe μ , ces arcs $d\sigma$, et plaçons-les bout à bout, $\mu\mu_1, \mu_1\mu_2, \mu_2\mu_3, \dots$, de manière que leurs angles, avec une direction fixe, représentent la différence de phase avec le pôle. On obtiendra ainsi une ligne polygonale qui jouit de la propriété que la droite, qui joint deux de ses points, représente, par sa grandeur et sa direction, l'amplitude et la phase résultant des mouvements vibratoires émis par les arcs correspondants de la base de l'onde.

» *Équation de la ligne représentative.* — Soient x, y les coordonnées d'un point, $d\sigma$ l'élément de cette courbe; la proportionnalité des arcs élémentaires donne

$$d\sigma = \sqrt{dx^2 + dy^2} = k ds.$$

» L'inclinaison d'un élément sur l'axe des x étant égale à la différence de phase, on en conclut

$$(2) \quad \text{tang } 2\pi\varphi = \frac{dy}{dx} \quad \text{avec} \quad \varphi = \frac{\delta}{\lambda} = \frac{r+d}{2r\lambda d} s^2 = \alpha s^2,$$

en désignant, pour abréger, par α le coefficient de s^2 .

» Calculant les valeurs dx et dy et intégrant, il vient

$$x = k \int ds \cos \alpha s^2, \quad y = k \int ds \sin \alpha s^2.$$

» On reconnaît les intégrales de Fresnel comme formant l'abscisse et l'ordonnée de chaque point.

» Géométriquement, la courbe jouit d'une propriété caractéristique : *c'est la courbe dont le rayon de courbure est en raison inverse de l'arc*. C'est ce qu'on démontre immédiatement en divisant la valeur de l'arc $d\sigma$ par l'angle de contingence $2\pi d\varphi$, rapport égal au rayon de courbure

$$(3) \quad R = k \frac{r\lambda d}{2\pi(r+d)} \propto \frac{1}{s}.$$

» La nature transcendante de la courbe ne permet pas de construction géométrique indépendante du calcul ; il faut avoir recours à la table des valeurs numériques des intégrales de Fresnel. On sait que l'argument adopté ν se déduit des expressions données plus haut en posant

$$(4) \quad \alpha s^2 = \frac{\pi}{2} \nu^2, \quad \text{d'où} \quad s = \nu \sqrt{\frac{r\lambda d}{2(r+d)}} \nu^2,$$

et les intégrales deviennent

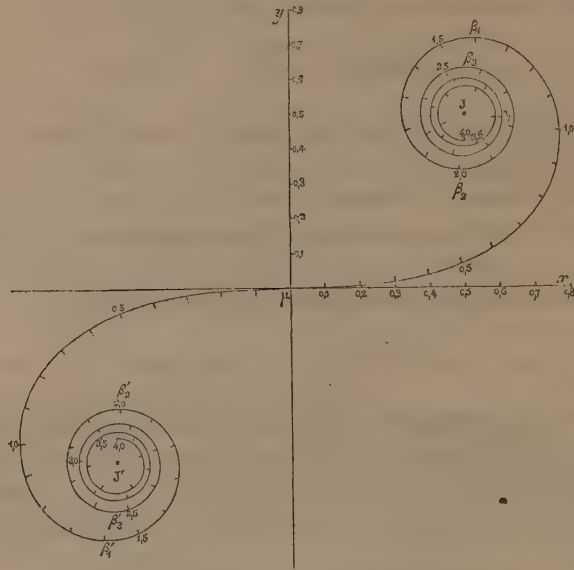
$$(5) \quad x = k \sqrt{\frac{r\lambda d}{2(r+d)}} \int_0^\varepsilon d\nu \cos \frac{\pi}{2} \nu^2, \quad y = k \sqrt{\frac{r\lambda d}{2(r+d)}} \int_0^\varepsilon d\nu \sin \frac{\pi}{2} \nu^2.$$

» La courbe ci-jointe a été construite en portant comme abscisses et ordonnées les valeurs de ces intégrales (abstraction faite du facteur constant), la limite ε variant de dixième en dixième. On remarquera que cette courbe, qui a la forme d'une double spirale, possède un centre au point origine μ et deux points asymptotiques J, J'.

» Ces points asymptotiques, situés sur une droite à 45 degrés de l'axe des x , proviennent de la valeur égale à $\frac{1}{2}$, vers laquelle convergent les deux intégrales pour une valeur infinie de la limite supérieure.

» On a laissé subsister l'indication de la construction de chaque point,

qui indique l'arc égal à la limite ε à laquelle le point correspond. Grâce à cette disposition, on n'a plus à s'occuper de l'échelle de proportionnalité entre la courbe et l'onde; la même courbe peut servir dans tous les cas et remplacer le tableau des intégrales : on discute les problèmes en prenant ν pour variable, et l'on repasse à la valeur de s par la formule (4).



» *Usage de cette courbe.* — Les limites de cette Communication ne permettent pas de donner avec les détails suffisants les applications les plus intéressantes de cette méthode. Le lecteur les trouvera dans une publication où elles seront mieux à leur place (*Journal de Physique théorique et appliquée*, t. III, p. 1, 1874). Toutefois, pour bien faire comprendre l'esprit de cette méthode, qui me paraît mériter d'entrer dans l'enseignement, j'exposerai succinctement le cas de la diffraction du bord rectiligne d'un écran indéfini.

» Supposons que le plan du tableau sur lequel les franges se projettent soit parallèle au plan tangent à l'onde cylindrique qui forme le bord de l'écran. Considérons un point N du tableau situé dans la partie éclairée, très-loin de l'ombre géométrique. Ce point N reçoit l'action de l'onde presque tout entière: L'intensité totale est représentée seulement par le carré de la distance JJ' des points asymptotiques; à mesure que ce point N se rapproche de l'ombre géométrique, la portion la plus éloignée de la demi-onde

opposée est de plus en plus couverte par l'écran. Cette disparition d'une portion efficace de l'onde se traduit par la limitation de l'arc de spirale à un point qui s'écarte de plus en plus du point asymptotique J' correspondant à la demi-onde opposée à N.

» Le rayon vecteur subit des variations périodiques; par suite, l'intensité lumineuse passe par des maxima et des minima. Ces variations augmentent d'amplitude à mesure que N se rapproche de l'ombre géométrique, car les tours de spire décrits par l'extrémité mobile du rayon vecteur deviennent de plus en plus grands. Après un dernier minimum et un dernier maximum, les plus grands de tous, le rayon vecteur décroît d'une manière continue. A la limite de l'ombre géométrique, quand le rayon vecteur arrive au point μ , l'intensité est réduite au quart de sa valeur primitive, et au delà la décroissance s'effectue sans maxima ni minima.

» On reconnaît, dans cette analyse symbolique du phénomène, l'explication des franges extérieures et la diminution continue de la lumière dans l'ombre géométrique.

» Pour achever de préciser l'usage de cette courbe et l'employer à la détermination de la valeur numérique de l'intensité de la lumière en chaque point de l'écran, il suffit de représenter par Z la distance de ce point à l'ombre géométrique; des triangles semblables permettent d'écrire

$$\frac{Z}{s} = \frac{r+d}{r}, \text{ d'où } Z = \nu \sqrt{\frac{(r+d)^2 d}{2r}}.$$

» On calcule ainsi la valeur de ν qui définit l'extrémité de l'arc utile de la courbe représentative à joindre au point asymptotique. La distance de ces deux points donne la racine carrée de l'intensité lumineuse.

» On discuterait et l'on calculerait de la même manière toutes les circonstances que présente l'ombre d'une fente, d'un fil, etc. »

PHYSIOLOGIE ANIMALE. — *Physiologie du vol des oiseaux; du point d'appui de l'aile sur l'air.* Note de M. MAREY.

(Commissaires : MM. Bertrand, Tresca, Resal.)

« J'ai présenté à l'Académie les résultats d'une série d'expériences destinées à déterminer les différents mouvements de l'aile de l'oiseau, pendant le vol, et les réactions que ces mouvements impriment au corps de l'animal.

» Depuis cette époque, j'ai travaillé dans une direction nouvelle, cherchant, au moyen d'appareils mécaniques, à produire des coups d'aile ca-

pables de soulever des poids plus ou moins lourds. Après quelques tâtonnements, j'ai réussi à déterminer les conditions mécaniques dans lesquelles ces appareils peuvent se soulever par l'abaissement de leurs ailes. Il faut que le *moment* de la force motrice soit un peu supérieur à celui de la résistance de l'air, les ailes de l'appareil étant assez légères pour que l'influence de leur masse soit négligeable.

» La force qui abat l'aile est celle d'un ressort qui s'attache à sa nervure dans le voisinage de l'articulation. La résistance de l'air sous chaque aile doit être égale à la moitié du poids de la machine, puisqu'elle doit neutraliser les effets de la pesanteur. Si l'on suppose l'aile de forme triangulaire et la résistance de l'air proportionnelle au carré de la vitesse, le point d'application de la résultante de toutes les pressions de l'air sous l'aile sera situé sur le milieu de cette aile, et aux $\frac{3}{6}$ de sa longueur, en comptant à partir de l'articulation.

» D'après ces données, il est facile de construire un appareil capable de se soulever par l'abaissement de ses ailes. On reconnaîtra que les conditions nécessaires sont remplies lorsque, plaçant un doigt sous chacune des ailes, aux points où s'appliquent les résultantes des pressions de l'air, on pourra soulever la machine sans faire fléchir les ressorts abaisseurs des ailes.

» J'ai pu m'assurer que ces conditions dynamiques sont réalisées dans la nature. Pour cela, j'ai mesuré l'effort statique dont les muscles pectoraux sont capables, et j'ai déterminé le lieu d'insertion de ces muscles, la forme des ailes et le poids du corps des oiseaux.

» Mais, lorsque je comparai la vitesse du coup d'aile de mes appareils mécaniques à celle que j'avais constatée en enregistrant les mouvements de l'aile d'oiseaux véritables, je vis que, pour se soulever, la machine devait avoir un coup d'aile trois ou quatre fois plus rapide que l'oiseau. Or, à égale force motrice, ce qui règle la vitesse d'un pareil mouvement, c'est la résistance qui lui est opposée; il fallait donc admettre que l'air résistait de neuf à seize fois moins à mon appareil qu'il ne résiste à l'aile d'un oiseau qui vole.

» Je reculai d'abord devant l'absurdité apparente de cette conclusion, et pourtant, plus je mesurais la vitesse d'abaissement de l'aile des oiseaux, plus j'arrivais à me convaincre que cette vitesse est insuffisante à les soutenir sur l'air, si quelque condition, qui manque dans mes appareils, ne vient pas augmenter la résistance de l'air sous l'aile de l'oiseau. J'espère montrer que c'est la translation de l'oiseau qui produit cet accroissement de la résistance que rencontre l'abaissement de son aile.

» En effet, l'air, comme tous les corps pondérables, présente les effets de l'inertie, c'est-à-dire que, soumis à une force impulsive constante, il résiste fortement pendant les premiers instants, puis acquiert une vitesse, et enfin tend à garder cette vitesse quand la force impulsive vient à cesser.

» Si l'on prend un disque léger, auquel on imprime un mouvement uniforme, suivant une direction perpendiculaire à son plan, on peut, au moyen d'un dynamomètre inscripteur, placé en arrière du disque, constater la résistance de l'air aux différents instants de ce mouvement. On voit alors : 1^o une résistance considérable au début du mouvement : c'est l'effet de l'inertie de la colonne d'air que le disque tend à déplacer; 2^o une pression plus faible, qui se maintient pendant la durée du mouvement; 3^o une tendance à l'entraînement du disque, lorsque celui-ci s'arrête : cet entraînement est dû à la vitesse acquise de la colonne d'air en mouvement.

» Ainsi la résistance que l'air présente aux mouvements d'un corps se compose d'un *régime régulier*, précédé et suivi de *deux états variables*. Le régime régulier est ce que les différents expérimentateurs ont cherché à mesurer; c'est à lui seul que s'appliquent les estimations qu'on a données de la résistance de l'air à un mobile animé de différentes vitesses.

• » S'il est démontré que, pendant l'état variable initial, la résistance de l'air atteint son maximum, il est clair que l'aile d'un oiseau devra trouver sur l'air un appui plus solide si, pendant toute la durée de son abaissement, elle peut se placer dans ces conditions initiales. Or, par suite de la translation de l'oiseau, l'aile, à chaque instant de sa descente, vient agir sur une nouvelle colonne d'air qu'elle tend à abaisser; mais, par suite de la faible durée de la pression qu'elle reçoit, chacune de ces colonnes d'air n'a pas le temps d'acquérir la vitesse de l'aile; elle se comprime donc et présente la résistance maximum de l'état variable initial.

» Pour démontrer l'exactitude de cette théorie, il fallait imprimer à mes appareils artificiels un mouvement de translation horizontale et constater, sous cette influence, un accroissement de la résistance de l'air aux mouvements de leurs ailes.

J'ai varié l'expérience de diverses manières et j'ai toujours constaté cet accroissement de la résistance de l'air, se traduisant par un ralentissement des mouvements de l'aile.

» Ainsi j'ai construit un oiseau artificiel dont les ailes étaient actionnées par une pompe à air. Une machine à vapeur, travaillant d'une façon uniforme, commandait cette pompe et imprimait ainsi aux ailes des batte-

ments parfaitement réguliers. L'oiseau artificiel, placé à l'extrémité d'un long bras de manège, pouvait à volonté battre des ailes sur place ou recevoir, en même temps, un mouvement rapide de translation circulaire. Dans ces conditions, si je mesurais l'amplitude des battements des ailes pendant l'immobilité de l'appareil, je trouvais que, entre ses deux positions extrêmes, l'aile formait un angle d'environ 60 degrés. En faisant tourner le manège de manière à imprimer à l'oiseau factice une translation d'environ 10 mètres par seconde, on voyait l'amplitude des battements se réduire à 30 et même 20 degrés. Or rien n'était changé dans la force motrice, ni dans la fréquence des mouvements des ailes : il fallait donc admettre un accroissement de la résistance de l'air, pour expliquer cette diminution dans l'amplitude, c'est-à-dire dans la vitesse des coups d'ailes.

» Craignant que la force centrifuge produite par la rotation du manège pût être accusée de produire quelques perturbations dans les mouvements des ailes, je fis des expériences analogues en imprimant à l'appareil un mouvement de translation rectiligne; j'obtins le même ralentissement des coups d'ailes de la machine.

» Cette influence de la translation horizontale sur la résistance de l'air aux coups d'ailes des oiseaux me semble expliquer comment s'obtient le *point d'appui* dans le vol; elle rend compte de certains faits que l'observation ou l'expérience révèle. Voici quelques-uns de ces faits :

» 1° Quand un oiseau s'envole, les mouvements de ses ailes sont très-étendus; ils le sont moins quand le transport horizontal de l'oiseau est devenu rapide.

» 2° Quand un oiseau vole attaché par un fil, il tombe, malgré ses coups d'ailes, aussitôt que la tension du fil vient arrêter sa vitesse horizontale.

» 3° Un oiseau qui s'envole s'oriente autant que possible, le bec au vent (d'Esterno); c'est parce qu'alors le vent, apportant sans cesse de nouvelles couches d'air sous ses ailes, le place dans les mêmes conditions que la translation horizontale.

» 4° Quand on suspend un oiseau vivant au bras d'un manège qui lui permet d'exécuter les mouvements de ses ailes et de voler circulairement, on voit que, si l'on imprime au manège un rapide mouvement de rotation, les battements des ailes prennent une extrême lenteur. La révolution de l'aile d'un pigeon peut alors durer plus d'une seconde, au lieu d'un huitième de seconde, qui est sa durée normale. Comme tout mouvement musculaire se ralentit en raison des résistances qu'il éprouve, cette expérience

est une des meilleures preuves qu'on puisse donner, de l'accroissement de la résistance de l'air par la vitesse de translation de l'oiseau.

» L'espace seul me manque pour multiplier ici les preuves en faveur d'une théorie qui me semble éclairer le point le plus obscur de la théorie mécanique du vol. »

BOTANIQUE. — *Organogénie comparée de l'androcée dans ses rapports avec les affinités naturelles (Classes des Cruciférinées, Lirioïdées, Bromélioidées et Joncinées)*. Note de M. AD. CHATIN.

(Renvoi à la Section de Botanique.)

« I. La classe des Cruciférinées, composée des Crucifères et des Capparidées, est des plus naturelles; les Résédacées y sont accessoirement rattachées. L'organogénie est en rapport avec les affinités morphologiques admises.

» Avec Kranze et M. Duchartre, mais en désaccord avec les observations de M. Payer, d'après lesquelles les paires de grandes étamines des Crucifères naissent chacune par un mamelon unique qui se dédoublerait ensuite, j'ai constaté que ces étamines apparaissent d'abord distinctes et séparées, fort distantes même, pour ne se rapprocher deux à deux que consécutivement à leur naissance; ce sont donc des étamines qui, d'abord isolées, se conjuguent, nullement des éléments d'abord simples et plus tard dédoublés.

» Mes observations diffèrent, en outre, de celles de M. Payer sur ce point important (que j'ai surtout à relever ici) que les grandes étamines des Crucifères, qu'on peut dire opposées aux pétales, tant elles naissent rapprochées de l'axe de ceux-ci, notamment dans l'*Iberis*, l'*Alyssum*, l'*Aubrietia*, le *Cheiranthus* lui-même, apparaissent avant les petites étamines latérales et sur un cercle plus intérieur que celles-ci, dans lesquelles on doit voir un verticille externe manquant, par un avortement congénital, des étamines antérieure et postérieure. L'ordre d'évolution est donc centrifuge, quoique, en réalité, le verticille externe soit oppositisépale comme dans les Légumineuses.

» Il résulte de ce qui précède que si les étamines antérieure et postérieure des Crucifères n'avortaient pas, elles seraient placées exactement derrière les couples, à éléments rapprochés consécutivement à leur naissance, qui représentent le verticille oppositipétale.

» Les Capparidées, qu'elles aient six étamines comme le *Cleome* et le

Gynandropsis, ou qu'elles soient polypétales comme le Câprier, produisent aussi leurs étamines dans l'ordre centrifuge. Notons même que le *Diplolœna*, comme quelques *Sisymbrium*, etc., parmi les Crucifères, se trouve réduit à quatre étamines par l'avortement des étamines latérales ou dernières-nées.

» C'est encore le développement centrifuge, mais avec quelques irrégularités, qu'on retrouve dans les Résédacées, famille qui, par l'évolution de l'androcée, ainsi que par plusieurs des caractères morphologiques, est quelque peu dissidente.

» Au résumé, l'ordre de formation des étamines confirme les grandes affinités morphologiques admises entre les Crucifères et les Capparidées, en même temps qu'il signale entre ces Cruciférinées types et les Résédacées des différences en rapport avec les données morphologiques.

» On remarquera que, si l'ordre d'évolution des Crucifères était centripète, ainsi qu'on l'a dit à tort, il y aurait dissidence complète entre cette famille et celle des Capparidées, ce qui n'est pas.

» II. Le savant auteur du *Traité d'Organogénie* ayant observé, ce qui est exact, que, dans le *Tradescantia*, les étamines opposées aux pétales naissent avant celles opposées aux sépales, fut très-frappé de ce fait, qui lui parut unique dans le règne végétal. On vient de voir que tel est cependant le cas de la grande famille des Crucifères. Il nous reste à signaler des faits de même ordre dans quelques autres groupes naturels appartenant, les uns aux Monocotylédones, comme le *Tradescantia*, les autres aux Dicotylédones, comme les Crucifères.

» Ce fut d'abord dans le *Smilax* et les Dioscorées (*Tamnus*, *Dioscorea*), plantes si semblables entre elles qu'on n'hésiterait pas à les rapprocher sur leur air de famille sans le caractère spécial de l'ovaire, libre dans celui-là, infère dans ces dernières, que je constatai le mode de formation de l'androcée observé dans le *Tradescantia*. Bientôt après, je le retrouvai dans le *Commelyna*, congénère du *Tradescantia*, et l'on peut croire qu'il est un attribut général des Commélynées et des Dioscorées, tandis que, chez les Liliacées, Asparagées, il n'est que l'attribut des *Smilax*; du moins, l'évolution centrifuge de l'androcée de ce dernier genre fait-elle place au développement centripète dans les *Asparagus*, *Convallaria*, *Paris* et *Polygonatum*, comme dans le *Tulipa*, le *Lilium* et autres Liliacées.

» III. C'est aussi le verticille staminal interne et opposé aux pétales que j'ai vu naître le premier dans l'*Anigozanthus* et le *Wachendorfia*, Hæmodoracées chez lesquelles un intervalle notable sépare, plus encore que dans les Commélynées et les Dioscorées, l'apparition du verticille externe de

celle du verticille opposé aux pétales. Ce sont encore les trois étamines superposées aux pétales qu'on voit naître peu après ces derniers dans le *Xiphidium*; mais là s'arrête pour cette plante la formation de l'androcée, le verticille staminal opposé aux sépales étant frappé chez elle d'avortement congénital; ainsi se passent sans doute les choses dans l'*Hæmodorum* et le *Lachnanthes* (qu'il ne m'a été donné d'observer que dans le très-jeune âge des fleurs), qui ne présentent jamais que les trois étamines opposées aux pétales.

» Le développement centrifuge, commençant par les étamines opposées aux pétales et pouvant, dans quelques genres, s'arrêter après la production du premier verticille, serait donc un attribut général des Hæmodoracées, comme il l'est des Commélynées, des Dioscorées et du *Smilax*.

» Les Burmanniées, dont je n'ai pu suivre le développement, n'ont, comme plusieurs genres d'Hæmodoracées, que trois étamines opposées aux pétales; nul doute qu'elles ne doivent être rattachées au même type floral.

» IV. J'opposerai au type représenté par les Commélynées, etc., et suivi chez les Hæmodoracées, celui des Liliacées (moins le *Smilax*), des Amaryllidées, Hypoxidées, Mélanthacées, Joncées, etc., de beaucoup le plus commun dans les Monocotylédones. Ici ce sont les étamines alternes aux divisions intérieures (pétales) du périanthe, qui apparaissent les premières, le verticille opposé à ces divisions ne venant qu'un peu plus tard. L'ordre de formation, centrifuge dans les familles du premier groupe, est ici centripète.

» Parmi ces dernières familles, les Joncées présentent cet intérêt particulier que, comme les Hæmodoracées et mieux encore que celles-ci, on peut y suivre le passage de l'androcée diplostémone à l'androcée réduit à un simple verticille.

» Le *Luzula* et le *Rapatea* ont toujours les étamines disposées sur deux verticilles qui se produisent dans l'ordre centripète. Les *Juncus* ont, le plus souvent aussi, six étamines fertiles, mais quelques espèces n'en ont que trois, savoir celles placées devant les divisions externes (sépales) du périanthe, où elles répondent, comme dans les Hæmodoracées isostémones, au verticille premier-né; seulement, dans celles-ci, l'évolution de l'androcée étant centrifuge, ce verticille est opposé aux pétales. L'organogénie permet de suivre le passage des Joncs diplostémones à ceux réduits au verticille oppositisépale. En effet, tandis que les deux rangs de l'androcée se développent complètement dans les *Juncus communis*, *glaucus*, *obtus-*

florus, *squarrosus* et *sylvaticus*, que l'un d'eux manque ordinairement (j'ai vu une fois le second rang se former, puis bientôt après disparaître dans le *Juncus pygmæus*, fait analogue à celui du *Verbena Aubletia* qui, parfois, montre l'étamine postérieure) dans les *Juncus capitatus* et *pygmæus*, ils apparaissent encore successivement dans le *Juncus supinus*, avec ce caractère qu'ici le verticille oppositipétale est le plus souvent réduit à l'état de petits appendices stériles.

» Avec un ordre d'évolution inverse, le *Juncus communis* diplostémone est donc à l'*Anigozanthus* ce qu'est le *Juncus pygmæus* isostémone à l'*Hæmodorum*.

» V. Les Amaryllidées, les Hypoxidées et les Broméliacées, familles voisines des Iridées, ont deux verticilles d'étamines apparues dans l'ordre centripète; les Iridées n'ont jamais que trois étamines placées (comme celles des Juncs isostémones) devant les sépales et répondant au verticille premier-né des Hypoxidées et des Amaryllidées. Ne sont-elles pas à celles-ci comme l'*Hæmodorum* à l'*Anigozanthus* ou au *Wachendorfia*, le *Juncus pygmæus* au *Juncus glaucus*, l'*Azalea* au *Rhododendrum*, l'*Isnardia* à l'*Epilobium*, le *Diosma* au *Fraxinella*, ou mieux à l'*Adenandra* aux cinq courtes et stériles étamines du verticille dernier-né? La réponse affirmative est d'autant plus indiquée que souvent l'*Hypoxis* de nos jardins a, comme le *Juncus supinus*, les trois étamines oppositipétales et dernières-nées dégénérées en staminodes.

» VI. On voit, par ce qui précède, que l'organogénie comparée de l'androcée confirme, dans leur ensemble, par un caractère très-spécial, les affinités des familles de la classe des Cruciférinées; qu'elle rapproche les Commélynées et les Dioscorées, jette comme un pont entre celles-ci et le *Smilax*, qui pourrait même leur être réuni comme tribu à ovaire supérieure, au même titre que, dans les Broméliacées, les Tillandsiées sont placées à côté des vraies Broméliées; qu'elle rattache intimement aux Hæmodoracées à six étamines celles de ces plantes qui n'en ont que trois, ainsi que les Burmanniacées; qu'elle unit mieux encore, par le *Juncus supinus* à deuxième verticille plus ou moins avorté, les *Juncus* diplostémones aux espèces isostémones; enfin qu'elle fait des Iridées (en négligeant leurs anthères extrorses) des Hypoxidées dont l'évolution de l'androcée s'est arrêtée après la production du premier verticille.

» L'organogénie indique d'ailleurs, par la formation centrifuge de l'androcée qui leur est commune, une sorte d'alliance entre le *Smilax*, les Dioscorées et les Burmanniacées, pris aux Lirioïdées, les Commélynées em-

pruntées aux Joncacées, les Hæmodoracées détachées des Bromélioidées et déjà si voisines des Burmanniacées, comme les Dioscorées le sont du *Smilax*. »

ACOUSTIQUE. — *Sur la transformation du vibroscope en tonomètre et sur son emploi pour la détermination du nombre absolu des vibrations.* Note de M. A. TERQUEM.

(Commissaires : MM. Edm. Becquerel, Jamin.)

« Par l'étude optique des vibrations et la construction du vibroscope, M. Lissajous a doté l'acoustique de moyens d'investigation bien plus exacts que ceux qui ne sont fondés que sur l'audition; toutefois cette méthode optique ne paraît pas avoir été commodément employée jusqu'à présent pour la détermination du nombre absolu des vibrations. J'ai pensé qu'on pourrait l'utiliser dans ce but, et, avec son aide, construire un tonomètre plus facilement que par le procédé imaginé par Scheibler; ce nouveau tonomètre, au moins aussi exact, serait bien moins coûteux; enfin il pourrait être employé pour donner à la simple lecture le nombre de vibrations d'un corps sonore quelconque, et cela dans une étendue très-grande de l'échelle musicale.

» J'ai fait faire par M. König quatre diapasons munis de curseurs et portant à l'extrémité d'une de leurs branches, comme le diapason du vibroscope, une petite lentille biconvexe servant d'objectif; ces diapasons peuvent être fixés successivement sur le même support, sur lequel se trouve placé un oculaire. En déplaçant les curseurs, on peut obtenir tous les sons compris entre ut_2 (128 vibrations doubles) et ut_3 ; de plus, quelques sons se trouvent être communs aux deux diapasons qui se suivent immédiatement. Ces diapasons ont été divisés par M. König, d'après son tonomètre, de telle sorte qu'en déplaçant les curseurs de l'espace qui sépare deux traits, le son varie de deux vibrations doubles; mais je ne considère cette division que comme une division complètement arbitraire, qui pourrait être remplacée par toute autre faite à l'aide d'une machine à diviser. Je donnerai à ces diapasons le nom d'*étalons*.

» J'ai, d'un autre côté, d'autres diapasons non gradués, mais munis également de curseurs et allant de ut_2 à ut_3 . Deux suffisent, parce que l'on peut y adapter des curseurs de rechange. Je donnerai à ces diapasons le nom d'*auxiliaires*.

» Le premier diapason étalon et le premier diapason auxiliaire sont fixés

l'un devant l'autre, sur des supports convenables, dans un même plan horizontal et à angle droit ; en outre les vibrations du diapason étalon servant de vibroscope se faisant, comme d'habitude, dans un plan vertical, celles du diapason auxiliaire se font dans un plan horizontal.

» Pour apercevoir facilement les courbes résultant de la coexistence des deux mouvements vibratoires à angle droit, sur la section terminale d'une des branches du diapason auxiliaire, on a fixé, avec de la gomme, quelques parcelles d'antimoine réduit en poudre très-fine. Les facettes de cette poudre cristalline, éclairées obliquement à l'aide d'une lampe et de lentilles, forment des points lumineux d'un grand éclat et d'une finesse extrême. Après avoir fixé le curseur de l'étalon sur le premier trait de la division, on met exactement le diapason auxiliaire à l'unisson du premier, en déplaçant les curseurs, et, à la fin, en mettant sur ceux-ci de petits morceaux de cire : on se guide, dans cette opération, évidemment sur les transformations de la courbe elliptique due à la coexistence des vibrations, et l'on s'arrête quand celle-ci décroît peu à peu et très-lentement, sans changer de forme.

» Cela fait, on déplace le curseur du diapason étalon de manière à obtenir environ un battement par seconde, et l'on détermine la durée exacte, à l'aide d'un compteur à pointage, de 50 battements au moins, en observant les oscillations de la courbe elliptique. Si l'on se trouve dans de bonnes conditions, la durée totale de 50 battements varie à peine d'une demi-seconde dans plusieurs déterminations successives, ce qui donne une approximation de $\frac{1}{100}$ de seconde pour un battement, et permet, par conséquent, de déterminer le nombre des vibrations à moins de 0,01. On déplace alors le curseur du diapason auxiliaire jusqu'à ce que l'unisson soit rétabli, ce que l'on constate par la fixité de la courbe produite. On met ensuite le curseur du diapason étalon sur le deuxième trait de la division, et l'on détermine de nouveau la durée des battements produits.

» On continue de la même manière, en déplaçant successivement les curseurs des deux diapasons, jusqu'à ce que l'on arrive à un son assez éloigné de ut_2 , tel que mi_2 , pouvant donner, avec le son ut_2 , une courbe acoustique assez simple (4 : 5). Quand le diapason auxiliaire a été ainsi mis, par arrêts successifs, à l'unisson du son mi_2 , on ramène le curseur du premier diapason étalon au premier trait, et l'on vérifie si le son mi_2 est parfaitement juste ; on détermine la différence, s'il y a lieu, par la durée des oscillations de la courbe acoustique. La somme totale des nombres, par seconde, des battements (inverses de leur durée) qu'on a observés

par le déplacement successif des curseurs, donne la différence des nombres de vibrations des sons ut_2 et mi_2 , dont on a le rapport, ce qui est conforme au principe donné par Scheibler, pour la construction du tonomètre, et permet de calculer le nombre absolu des vibrations de ut_2 .

» On continue de la même manière jusqu'à ce qu'on arrive à ut_3 ; chemin faisant, on rencontre de nombreux points de repère et de vérifications dans les intervalles simples tels que la quarte, la quinte, la sixte, etc. Enfin l'on connaît de cette façon le nombre absolu de vibrations correspondant à chaque trait de la division du diapason étalon.

» La seule difficulté pratique que j'aie rencontrée, et que je crois être sur le point de surmonter, c'est dans le mode de fixation des curseurs sur les diapasons; il faut, en effet, qu'ils s'y trouvent fixés d'une manière tout à fait invariable, de telle sorte que le son n'éprouve aucune variation de hauteur, quand le diapason est mis en vibration, ce qui n'arrive pas toujours, quoique les différences observées soient très-faibles; en second lieu, il faut que l'on puisse remettre mathématiquement les curseurs dans la même position.

» J'ai déjà vérifié un certain nombre des divisions tracées par M. König, sur mes diapasons, d'après son tonomètre, et je n'ai trouvé que des différences qui ne s'élèvent pas à plus de quelques centièmes de vibration par seconde, ce qui montre le degré de confiance que l'on peut attribuer aux déterminations faites d'après le tonomètre qu'il a construit.

» Par cette méthode, on pourra donc plus facilement que par l'ancien procédé, mais non cependant sans une attention soutenue et de nombreuses déterminations, diviser l'intervalle de ut_2 à ut_3 en sons différant l'un de l'autre de deux vibrations et même d'une seule, si on le désire; tout au moins, le même procédé permettra, par l'emploi des diapasons auxiliaires à curseurs, de vérifier l'exactitude des divisions des diapasons étalons montés sous forme de vibroscope, et de dresser une table de corrections, si ces divisions ne sont pas parfaitement exactes.

» Le vibroscope tonomètre une fois construit et vérifié, pour déterminer la hauteur d'un son quelconque, il suffira de placer un des diapasons qui en fait partie à côté du corps vibrant, de telle sorte que les vibrations soient perpendiculaires les unes aux autres; on fixera sur ce dernier corps, qui sera une verge, une plaque, une corde, etc., même la membrane du phonoscope, quelques parcelles de poudre d'antimoine, puis on déplacera les curseurs jusqu'à ce qu'on obtienne une courbe acoustique de forme bien reconnaissable, telle que celle qui serait due à des vibrations dans le rap-

port de 1 : 2, 1 : 3, 1 : 4, 1 : 5, ...; si le son étudié est plus élevé ou plus grave que ceux que renferme l'intervalle de ut_2 à ut_3 , il n'est pas même nécessaire d'obtenir la fixité absolue de la courbe. En déterminant, en effet, la durée de la période de retour de la même figure, on peut connaître la différence du nombre de vibrations du son à celui qu'il devrait avoir pour que cette fixité existât.

» Avec ce tonomètre, je me propose de reprendre, avec plus d'exactitude qu'on n'a pu le faire jusqu'à présent, l'étude des vibrations des corps rigides, particulièrement des plaques, afin d'arriver, s'il est possible, à élucider la question, encore si controversée, de la propagation du son dans les corps qui présentent au moins deux dimensions du même ordre de grandeur. »

PHYSIQUE. — *Pyromètre acoustique*; par M. J. CHAUTARD.

(Commissaires : MM. Edm. Becquerel, Jamin.)

« M. Mayer a donné, il y a quelque temps (1), la description d'un pyromètre acoustique, fondé sur la variation de longueur de l'onde sonore dans l'air, lorsque la température vient à changer. Cette modification est constatée à l'aide d'un appareil à flammes manométriques, que l'auteur nomme *micromètre*, disposé de manière à pouvoir mesurer le déplacement angulaire de deux portions de flammes voisines, pour un intervalle quelconque de température. Cette méthode est d'une application difficile, surtout lorsqu'il s'agit de réaliser les expériences dans un cours; je l'ai modifiée de façon à la rendre plus commode et plus simple dans son emploi.

» Voici ma manière d'opérer :

» Le son est produit à l'aide d'un diapason, ut_4 , je suppose, monté en regard d'un résonnateur que l'on met en relation avec les deux branches de l'appareil à interférences, imaginé par Quincke et perfectionné par Kœnig. A la branche mobile de cet appareil, fait suite un long tube de cuivre, plongé dans l'enceinte dont il s'agit d'évaluer la température. Ce tube revient sur lui-même et communique avec une petite capsule manométrique; la branche fixe de l'appareil de Quincke se termine par une seconde capsule, laquelle, ainsi que la première, est en rapport avec le même brûleur. Cette disposition se complète par un miroir tournant, qui permet de juger de l'état de la flamme.

» Cela étant, si les tubes qui séparent le résonnateur des capsules ren-

(1) *American Journal*, 3^e série, t. IV, page 425, et *Journ. de Phys.*, t. II, page 227.

ferment chacun un nombre pair de demi-longueurs d'ondes, la flamme sera dentelée ; dans le cas contraire, les dentelures diminueront, et cela d'autant plus, que la différence de longueur de ces tubes sera plus près de devenir égale à un nombre impair de demi-longueurs d'ondulations. Lorsque ce cas se présente, on sait que la flamme prend, dans le miroir, l'aspect d'un ruban uniforme. C'est précisément ce qui se réalise si l'état calorifique de l'air du tuyau plongé dans l'enceinte est modifié. La température est-elle plus élevée, la longueur d'onde augmente, et il en résulte une interférence nettement accusée par la flamme dans le miroir. Si, pendant que ce phénomène se produit, on allonge graduellement le tube mobile de l'appareil de Quincke, il sera facile de remettre les choses dans leur état primitif, c'est-à-dire de faire reparaître les dentelures ; puis, à l'aide d'une graduation préalablement et empiriquement traduite en degrés thermométriques, on pourra lire la température à laquelle le tube additionnel aura été exposé.

» Mon procédé est ni plus ni moins sensible que celui de M. Mayer ; comme ce physicien, je ne crois pas la méthode en question susceptible de nombreuses applications ; si je me permets de la signaler, c'est plutôt à titre de curiosité scientifique et de disposition facilement réalisable ; mais il est bon de prévenir les personnes qui voudraient l'expérimenter contre un degré de précision qu'on serait tenté peut-être de lui attribuer. »

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Du chloral et de sa combinaison avec les matières albuminoïdes.* Note de M. J. PERSONNE, présentée par M. Bussy.

(Commissaires : MM. Dumas, Cl. Bernard, Bussy.)

« Dans un travail sur le chloral, présenté à l'Académie en 1869, j'ai cherché à démontrer, par expérience, que la transformation du chloral en chloroforme au sein de l'économie, ainsi que l'avait formulée M. Liebreich, est bien réelle, contrairement à l'opinion de quelques médecins français. Cette opinion ayant été reproduite de nouveau dans diverses publications, j'ai pensé qu'il était de mon devoir de reprendre mes expériences et même d'en instituer de nouvelles, pour apporter de nouvelles preuves en faveur de la théorie que je soutiens, et justifier ainsi la récompense que l'Académie a décernée à mon travail.

» Mes savants contradicteurs prétendent qu'il est impossible que le sang puisse avoir une alcalinité assez grande pour transformer le chloral en chloroforme ; car, disent-ils, on ne peut effectuer cette transformation

avec les bicarbonates alcalins, l'eau de Vichy, par exemple. Les expériences auxquelles je me suis livré prouvent que cette assertion n'est pas fondée. Le résultat de ces expériences, confirmatif des premières, est le suivant : outre les alcalis forts, tous les alcalis faibles, la magnésie, les sels alcalins comme les bicarbonates de potasse et de soude, auxquels j'ajouterai le borate de soude et le phosphate de soude des pharmacies, tous les liquides alcalins animaux, comme le sang et le blanc d'œuf, tous ces agents transforment le chloral en chloroforme, quand le mélange est porté à une température de + 40 degrés.

» Pour expliquer la différence d'action physiologique qui existe réellement entre le chloral et le chloroforme (1), on a fait aussi intervenir un autre produit du dédoublement du chloral, l'acide formique, et l'on a admis que cet acide, brûlé au sein de l'économie, fournit de l'acide carbonique dont l'action hypnotique vient s'ajouter à celle du chloroforme. On sait, en effet, que le dédoublement du chloral hydraté donne, pour 100, 72,20 de chloroforme et 27,80 d'acide formique, d'après l'égalité suivante : $C^4HCl^3O^2, H^2O^2 = C^2HCl^2 + C^2H^2O^4$; de plus, une partie plus ou moins considérable du chloroforme peut se détruire, en donnant également naissance à de l'acide formique et à du chlorure de sodium, selon l'égalité bien connue : $C^2HCl^3 + 4NaO = C^2HNaO^4 + 3NaCl$. Tout cet acide formique produit est bien loin d'être brûlé; une portion est certainement éliminée par les urines, car celles-ci possèdent la propriété de réduire la liqueur cupropotassique, quoique privées de glucose.

» Mais en admettant que la totalité de l'acide formique, produit par la destruction complète du chloral, soit transformée en acide carbonique, doit-on en conclure que l'action de cet acide carbonique s'ajoute à celle du chloroforme? Je ne le pense pas, pour les raisons suivantes : 100 grammes d'hydrate de chloral produisent, par une décomposition complète, 56 grammes d'acide formique; par conséquent 5^{es}, 6 est le poids de cet acide, qui sera fourni par 10 grammes d'hydrate de chloral, quantité qu'on ne peut pas toujours administrer à un chien de taille moyenne. Eh bien, j'ai fait prendre à des chiens le formiate de soude sec jusqu'à la dose de 10 grammes, quantité représentant 5,83 d'acide formique, sans avoir observé le moindre phénomène anesthésique; cependant ce sel a toujours été complètement absorbé, car il n'a jamais produit d'effet purgatif.

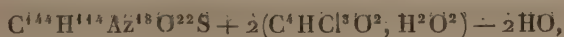
» Dans le cours de mes expériences, il m'a été permis de faire une ob-

(1) L'action du chloral est d'une plus longue durée que celle du chloroforme.

servation intéressante et qui doit, selon moi, éclairer assez complètement l'action physiologique du chloral. Voici cette observation :

» Le sang frais, additionné d'hydrate de chloral et maintenu à la température ordinaire, se coagule complètement, conserve sa couleur rouge et reste sans altération (1). Un morceau de muscle étant plongé dans une dissolution d'hydrate de chloral à $\frac{1}{10}$, sa couleur pâlit un peu; il en exsude un liquide rougeâtre qui dépose bientôt un sédiment briqueté. Après quelques heures d'immersion, le muscle, abandonné à la température de + 15 à 20 degrés, ne se putréfie plus; il se dessèche rapidement, prend une teinte plus vive et devient assez friable pour être pulvérisé. La matière sèche renferme du chloral; elle fournit du chloroforme par les alcalis. Le dosage du chlore, opéré sur un échantillon séché à + 100 degrés, a donné 8,30 – 8,38 pour 100 de chlore, ce qui correspond à 11,50 pour 100 de chloral.

» L'albumine se combine aussi au chloral; c'est à cette matière que je me suis adressé, dans l'espoir d'obtenir un composé défini, mais je n'ai pu encore bien déterminer les conditions précises pour obtenir un composé de cette nature; je me bornerai à dire que cette combinaison se dissout dans un excès d'albumine, ainsi que dans un excès de solution de chloral, à la manière du composé d'albumine et de bichlorure de mercure. Une seule fois j'ai pu obtenir un produit qui, séché d'abord, pendant huit jours, à 40 ou 45 degrés, puis pulvérisé et desséché à 100 degrés, a fourni à l'analyse 12,56 pour 100 de chlore, ce qui représente 17,23 pour 100 de chloral. Cette quantité de chloral fait présumer qu'il s'agit ici d'un composé défini. En effet, si l'on admet la formule de l'albumine donnée par Lieberkühn, $C^{144}H^{114}Az^{18}O^{22}S$, on a



qui donne 12,65 de chlore correspondant à 17,36 pour 100 de chloral.

» On admet généralement aujourd'hui que les matières albuminoïdes sont des amides; or les aldéhydes étant susceptibles de se combiner avec ces corps, il n'est pas déraisonnable de penser que le chloral, qui n'est que de l'aldéhyde trichlorée, puisse former avec eux des composés analogues.

» Quoique mes expériences sur ce sujet ne soient pas encore terminées, j'ai cru devoir communiquer les premiers résultats, car ils peuvent, comme

(1) J'en conserve ainsi, dans deux ballons ouverts, depuis le commencement de juin 1873.

je l'ai dit plus haut, jeter un nouveau jour sur l'action physiologique du chloral. En effet, si l'action du chloral est bien due au chloroforme qu'il fournit au sein de l'économie, il est bien certain cependant que cette action diffère de celle du chloroforme par une durée beaucoup plus longue.

» La combinaison du chloral avec les matières albuminoïdes fait présenter cette plus longue durée d'action. Voici comment elle peut être expliquée :

» La première action de l'hydrate de chloral sur les matières albuminoïdes qu'il rencontre dans l'économie produit du chloroforme aux dépens de l'alcali de ces matières albuminoïdes; en même temps ces matières, appauvries ou privées d'alcali, contractent une combinaison avec le chloral non détruit, et cette combinaison forme en quelque sorte un réservoir de chloroforme, qui ne le cède que successivement, à mesure que la circulation vient détruire la combinaison formée. Elle explique bien pourquoi on ne rencontre qu'une très-petite quantité de chloroforme dans le sang des animaux soumis à l'action du chloral; elle vient enfin justifier l'emploi du chloral dans le pansement des plaies, comme modificateur puissant des tissus.

» J'ajouterai, en terminant, que le chloral peut être avantageusement employé pour la conservation des matières animales les plus altérables. Je conserve, depuis plus d'un mois, un cerveau placé dans une solution à $\frac{1}{10}$ d'hydrate de chloral; il n'a pas éprouvé la moindre altération, il a pris seulement un peu plus de fermeté, sans toutefois devenir dur. Un cobaye, injecté dans les plus mauvaises conditions, trois jours après la mort, est conservé, depuis deux mois, à la température de 15 à 20 degrés, sans présenter le moindre signe d'altération putride; il se dessèche, devient dur, et tout fait présumer que sa conservation sera des plus longues. En additionnant la solution de chloral avec de la glycérine, on peut obtenir des produits imputrescibles conservant une certaine mollesse, ce qui pourra permettre de conserver, dans des conditions favorables, nombre de préparations anatomiques. »

CHIMIE. — *Sur un papier réactif de l'urée.* Note de M. **MUSCULUS**, présentée par M. Boussingault.

(Commissaires : MM. Boussingault, Pasteur.)

« La rapide transformation de l'urée en carbonate d'ammoniaque est due, comme on sait, à l'action d'un ferment particulier qui prend nais-

sance dans l'urine en putréfaction. D'après MM. Pasteur et van Tieghem, ce ferment serait constitué par une torulacée, que l'on trouve surtout au fond du vase à l'état de petits globules sphériques, de 0^{mm},0015 de diamètre, sans granulations ni paroi reconnaissables, et qui paraissent s'accroître par bourgeonnement.

» J'ai essayé de recueillir ces globules et de les sécher à une douce chaleur, dans l'espoir de les conserver dans cet état et de les faire revivre en les remettant au contact de l'eau. L'expérience a parfaitement réussi.

» De l'urine, arrivée en pleine fermentation alcaline, est jetée sur un filtre. Le liquide passe d'abord rapidement, mais bientôt les globules de ferment entrent dans les pores du papier et les obstruent. La filtration se ralentit notablement, sans cependant cesser tout à fait. On lave le filtre à l'eau distillée, jusqu'à disparition complète de réaction alcaline ; puis on le sèche à une température de 35 à 40 degrés.

» Le papier ainsi obtenu constitue un réactif très-sensible de l'urée. Il suffit, en effet, de le tremper dans une solution même très-étendue de ce corps pour que, au bout de dix à quinze minutes, la liqueur se charge de carbonate d'ammoniaque, dont la présence est facile à constater.

» Je ne connais pas encore la durée de conservation de ce papier ; mais, après un mois, il n'avait encore rien perdu de son activité. A l'examen microscopique, on y trouva de nombreux globules, ainsi que des monades semblables à des points qui se mettent en mouvement dès qu'ils arrivent au contact de l'eau.

» La manière la plus commode de se servir de ce papier consiste à le colorer avec du curcuma. On le sèche de nouveau et on le conserve dans un flacon bouché à l'abri de l'humidité. Si l'on en trempe un morceau dans une solution d'urée au millième ou au dix-millième, on voit apparaître, après quelques minutes, des taches brunes qui s'étendent de plus en plus, et finissent par produire une coloration d'un brun foncé, tranchant nettement sur la couleur jaune clair d'un papier au curcuma ordinaire, que l'on aura placé dans la même solution.

» Quand on veut rechercher l'urée dans un liquide, il faut d'abord le neutraliser. S'il renferme des carbonates alcalins, on devra ajouter suffisamment d'acide pour décomposer les bicarbonates qui le forment. Ces sels pourraient induire en erreur : ils ne colorent pas le papier de curcuma en brun au moment même ; mais, au bout de très-peu de temps, surtout à l'air, la teinte brune se manifeste.

» Les sels alcalins neutres n'entravent nullement l'action du ferment ; ils

paraissent, au contraire, l'activer. L'acide phénique n'a pas plus d'action. La fermentation marche tout aussi bien dans un liquide sursaturé d'acide phénique que s'il n'y en avait point.

» L'analyse quantitative de l'urée peut se faire également avec ce papier. Pour cela, on introduit la solution dans un flacon; avec du papier bien imprégné de ferment et un peu de teinture de tournesol; on y ajoute de l'acide sulfurique étendu, de manière à produire la teinte rouge pelure d'oignon; on bouche le flacon et on l'abandonne à une température de 25 à 30 degrés pendant cinq à six heures. Ce temps est, ordinairement, suffisant pour achever la fermentation. On dose alors l'ammoniaque formée, avec une liqueur acide titrée; on ajoute de l'acide jusqu'à ce qu'on ait ramené la teinte rouge primitive. Quelquefois la couleur bleue du tournesol reparait au bout de quelque temps: cela arrive quand le papier employé n'était pas assez riche en ferment; l'opération n'est pas perdue pour cela, car il suffit de remettre de la solution titrée, jusqu'à ce que la teinte ne change plus.

» Le meilleur papier est celui que l'on obtient en filtrant le dépôt blanc de l'urine. Après dessiccation, on enlève facilement la majeure partie des sels insolubles (urates, phosphates, etc.) qui se trouvent sur le filtre. Leur présence, du reste, ne gêne pas l'opération.

» Les matières albuminoïdes ne sont pas altérées par le ferment: au moins ne produisent-elles pas de réaction alcaline dans le court espace de temps où l'urée est transformée en carbonate d'ammoniaque. L'acide urique n'est pas attaqué non plus, puisqu'on le retrouve à l'état d'urate d'ammoniaque et d'urate de soude dans l'urine putréfiée. Il en est de même, probablement, d'autres corps à constitution analogue, comme la xanthine, la sarcine, etc. L'étude de l'action du ferment sur les différentes substances qui peuvent se trouver mêlées à l'urée dans les liquides de l'économie animale fera l'objet d'une Communication ultérieure.

» La recherche et le dosage de très-petites quantités d'urée dans les eaux de puits que l'on soupçonne être infectées par des infiltrations de fosses d'aisances se font aisément avec ce papier. Si l'on n'obtient pas de réaction avec l'eau telle qu'elle, on en évapore un ou plusieurs litres à un petit volume. L'urée n'éprouve qu'une altération insignifiante par cette opération. On opère alors comme il a été dit ci-dessus. »

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Étude sur la formation de la gomme dans les arbres fruitiers.* Mémoire de M. Ed. PRILLIEUX, présenté par M. Decaisne. (Extrait par l'auteur.)

(Commissaires : MM. Decaisne, Duchartre, Trécul.)

« M. Trécul est le premier, à ma connaissance, qui ait fait de la production de la gomme dans les arbres fruitiers une étude spéciale, par l'examen anatomique des tissus où apparaît la gomme. Depuis le premier Mémoire qu'il présenta à l'Académie en 1860, plusieurs travaux très-considérables furent publiés, en Allemagne, sur la production de la gomme, d'abord par M. Wigand, puis par M. Franck et, assez récemment enfin, par M. Sorauer. Un second et très-important travail fut communiqué par M. Trécul à la Société philomathique, en 1862, et publié dans le journal *l'Institut* : il paraît être demeuré complètement inconnu en Allemagne, et aucun des auteurs qui, depuis, ont traité ce sujet n'en a tenu compte.

» I. *Production de la gomme dans les vaisseaux.* — Dans le bois d'un arbre malade de la gomme, on voit toujours un grand nombre de vaisseaux plus ou moins complètement remplis de gomme : tantôt ils en sont entièrement comblés sur une certaine longueur, tantôt la gomme n'y forme qu'un revêtement plus ou moins épais, soit sur toute la périphérie, soit seulement sur un des côtés. Dans tous ces cas, les observateurs les plus récents ont admis que la masse de gomme est due à la désorganisation et à la transformation de la partie interne de la paroi du vaisseau : l'étude attentive de l'apparition de la gomme dans les vaisseaux m'a conduit à une conviction opposée. La gomme se montre d'abord sous forme de très-fines gouttelettes; puis ces gouttelettes de gomme grossissent, se touchent par les côtés, deviennent confluentes et forment de petites masses irrégulières et sinueuses sur les bords. Ce mode d'origine de la gomme contenue dans les vaisseaux paraît inconciliable avec l'opinion professée par les observateurs allemands. L'examen de masses volumineuses de gomme, extraites des vaisseaux de l'abricotier, conduit du reste à la même conclusion : ces vaisseaux sont marqués à la fois de ponctuations aréolées et d'une ligne spirale due à un épaississement de la membrane et faisant saillie à l'intérieur; or les masses de gomme présentent, à leur surface, des sillons creux correspondant aux lignes spirales saillantes de la paroi du vaisseau et même de petites saillies répondant aux ponctuations. Il est donc bien

certain que, dans ce cas, la gomme s'est épanchée dans l'intérieur du vaisseau et qu'elle a pris l'empreinte des dessins en saillie et en creux dont sa surface interne est marquée. Cette gomme est de la nature de celle que M. Trécul désigne sous le nom de *cérasone*.

» II. *Production de la gomme dans les cellules. Transformation de la fécule en gomme.* — La gomme se montre souvent dans les rayons médullaires, et là elle offre cet intérêt particulier que son apparition est liée à la disparition de la fécule que contenaient primitivement les cellules. La transformation de la fécule en gomme a été signalée par les observateurs précédents, mais elle n'a pas été, à mon avis, exactement décrite. A la première apparition de la gomme dans la cellule, les grains de fécule sensiblement intacts se trouvent amoncelés en petites masses, autour desquelles apparaît une mince couche de gomme. On voit, du reste, en même temps de la gomme se déposer de même sur d'autres points de la cellule. Les amas de fécule englobés dans la gomme diminuent progressivement, tandis que l'épaisseur de la couche de gomme qui les entoure augmente; mais les deux substances traitées par l'iode présentent leurs propriétés spéciales bien tranchées et sans transition. La fécule finit par disparaître, en laissant le plus souvent une place vide au centre de la petite masse de gomme.

» Quand il se forme au milieu des tissus des foyers de production de gomme, on observe, dans les cellules qui les avoisinent, une assez grande quantité de fécule qui se résorbe en se transformant de même en gomme; seulement, d'ordinaire, dans ce cas la gomme ne se dépose pas sous forme solide dans les cellules; à mesure qu'elle se produit, elle passe dans les grands réservoirs voisins, où elle s'amasse en quantité considérable.

» III. *Production de la gomme dans les lacunes.* — Ce n'est ni dans les vaisseaux ni dans les cellules, mais bien dans des lacunes formées au milieu des jeunes tissus, que s'accumule la gomme que l'on voit souvent produire des amas si volumineux. On observe de telles lacunes, servant de réservoirs à la gomme, le plus souvent entre le bois et l'écorce dans la zone cambiale; mais on en voit souvent aussi à différentes profondeurs dans le bois, où elles sont disposées en rangées concentriques dans les couches annuelles successives. Elles se forment au milieu de la couche génératrice et y occupent l'intervalle entre les rayons médullaires. Quand elles ne prennent pas un trop grand développement, il peut s'organiser au-dessus d'elles une nouvelle couche ligneuse, et la croissance du bois n'est pas notablement altérée; sinon, l'accroissement cesse sur ce point, un écoulement de gomme se produit, le tissu ligneux se nécrose et ne peut plus être recouvert que par des

bourrelets des parties latérales où la couche génératrice n'est pas détruite.

» Les tissus qui avoisinent les lacunes éprouvent dans leur développement une modification très-importante : le cambium, au lieu de s'organiser en fibres ligneuses dans ces places, produit des cellules dans lesquelles se dépose en abondance de la fécule. Il se forme donc ainsi, dans chaque point où va se développer un foyer de gomme, un tissu particulier (parenchyme ligneux) qui n'existe pas dans les tiges saines et dont l'apparition est si intimement liée à la formation morbide de la gomme, qu'on doit le considérer comme un tissu pathologique. La fécule, qui s'accumule dans ce parenchyme ligneux spécial, est utilisée, comme celle des rayons médullaires, pour la formation de la gomme qui s'amasse en grande quantité dans la lacune.

» Les lacunes à gomme grandissent aux dépens du tissu voisin, dont les éléments se dissocient et se désorganisent. Néanmoins les cellules qui bordent les lacunes manifestent souvent une activité vitale extrême et donnent naissance à de véritables formations pathologiques; elles se développent et se ramifient à l'intérieur de la lacune et s'y multiplient, même quand elles sont séparées du reste du tissu et absolument isolées au milieu de la gomme. »

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Recherches sur les glandes du Rosa rubiginosa et sur leur contenu*; par M. R. GUÉRIN. (Extrait par l'auteur.)

(Commissaires : MM. Brongniart, Fremy et Berthelot.)

« Ces recherches ont porté à la fois sur les glandes qui terminent les brins de chevelu des galles mousseuses, ou Bédéguars, du *Rosa rubiginosa* et sur celles qui sont normalement répandues sur tout le végétal et particulièrement sur toute la face inférieure des feuilles. Après avoir relevé diverses inexactitudes de la part des auteurs qui se sont occupés de la description anatomique de ces organes et de leur position sur la plante, l'auteur indique les différentes formes de leurs évolutions, la marche de leur coloration et les changements survenus dans le contenu des cellules par rapport à l'âge des différentes parties de la feuille et des stipules; il décrit le mécanisme de l'émission au dehors, des produits de sécrétion, par suite de la rupture d'une ou de plusieurs parois cellulaires de l'épiderme; ensuite il passe à l'étude du liquide sécrété.

» Cette substance se présente sous forme d'un corps semi-fluide, d'aspect oléagineux, d'un jaune clair, offrant l'odeur caractéristique du végétal, odeur dite de *pomme de reinette*, lorsqu'il est récemment obtenu, passant

assez rapidement au jaune rougeâtre et se solidifiant par absorption d'oxygène, fusible à une basse température. Il se dissout dans l'éther, l'alcool, le chloroforme, l'ammoniaque, et leur communique une coloration jaune urineux. Sa solution alcoolique rougit le papier de tournesol bleu, et celui-ci, exposé à l'ammoniaque, se colore en vert intense, réaction qui est constante et due peut-être à la présence d'une petite quantité d'azulène; enfin ce corps brûle avec une flamme blanche et éclairante.

» D'après l'identité des réactions, l'auteur conclut à l'identité des deux sécrétions, savoir : celle qui émane des galles chevelues et celle qui provient des autres glandes; il soumet à l'Académie plusieurs flacons contenant les produits extraits par lui de ces organes. Il termine en appelant l'attention sur ce fait, que les pucerons qui fréquentent le voisinage de ces glandes paraissent contenir dans leurs organes quelque faible quantité du liquide sécrété : lessivés à l'éther et écrasés sur une feuille de papier bleu de tournesol, ils y ont produit une tache rouge, acide, colorée en vert par son exposition aux vapeurs de la solution aqueuse d'ammoniaque. »

M. L.-E. BERTIN soumet au jugement de l'Académie une Note « sur les vagues de hauteur et de vitesse variables. »

(Commissaires : MM. Dupuy de Lôme, de Saint-Venant, Resal.)

M. F.-E. GUÉRIN-MÉNEVILLE adresse quelques observations sur les moyens pratiques de combattre la maladie des vignes, caractérisée par la multiplication anormale du *Phylloxera*.

L'auteur fait observer que, depuis 1869, il a affirmé que le *Phylloxera* n'est pas la cause de la maladie de la vigne, mais l'une des conséquences de cette maladie. Il était logique, dès lors, de chercher d'abord à modifier la constitution altérée des vignes malades. Depuis cette époque, l'auteur a, en effet, conseillé à un grand nombre d'agriculteurs un traitement consistant dans l'emploi des meilleurs procédés de culture, des amendements, d'engrais appropriés, etc. Les expériences faites récemment à Montpellier lui paraissent avoir fourni des conclusions identiques à celles qu'il avait formulées lui-même.

(Renvoi à la Commission du *Phylloxera*.)

M. P. MINGAUD adresse l'indication d'un procédé pour combattre le *Phylloxera*, consistant en un mélange de chaux et de carbonate de potasse en dissolution.

(Renvoi à la Commission du *Phylloxera*.)

M. **CHEVINEAU** adresse une Note relative à divers procédés employés contre le *Phylloxera*.

(Renvoi à la Commission du *Phylloxera*.)

M. **J. QUISSAC** adresse une Note concernant le choléra asiatique, sa nature et son traitement.

(Renvoi à la Commission du legs Bréant.)

M. **BOUILLARD** adresse la description d'un nouveau *capillarimètre* donnant immédiatement le degré alcoolique des vins ou des liquides alcooliques.

(Commissaires : MM. P. Thenard, Jamin.)

• CORRESPONDANCE.

M. le **MINISTRE DE LA MARINE** adresse une Lettre relative au matériel et aux instruments destinés à quelques-unes des stations astronomiques pour l'observation du passage de Vénus.

(Renvoi à la Commission du Passage de Vénus.)

M. le **SECRÉTAIRE PERPÉTUEL** saisit cette occasion d'exprimer publiquement la reconnaissance de l'Académie pour le concours empressé que M. le Ministre de la Marine accorde aux expéditions qu'elle prépare. Si elles sont organisées et poursuivies d'une manière conforme aux intérêts de la Science et à la dignité de l'Académie, c'est à la bienveillance de M. le Ministre de la Marine que nous en sommes redevables, et, si elles étaient couronnées par le succès, c'est au dévouement des officiers éminents qui se sont empressés d'offrir leur concours pour ces missions difficiles qu'il conviendrait d'en reporter en grande partie le mérite.

M. le **DIRECTEUR GÉNÉRAL DES DOUANES** adresse un exemplaire du Tableau général du commerce de la France avec ses colonies et les puissances étrangères pendant l'année 1871.

M. l'**INSPECTEUR GÉNÉRAL DE LA NAVIGATION** adresse les États des crues et diminutions de la Seine observées à Paris pendant l'année 1873.

M. **A.-J. ANGSTRÖM**, nommé Correspondant pour la Section de Physique adresse ses remerciements à l'Académie.

M. **BROCA** prie l'Académie de le comprendre parmi les candidats à la
18..

place laissée vacante, dans la Section de Médecine et Chirurgie, par le décès de M. Nélaton.

(Renvoi à la Section de Médecine et Chirurgie.)

M. A. TISSOT se met à la disposition de l'Académie pour l'observation du prochain passage de Vénus.

(Renvoi à la Commission du Passage de Vénus.)

M. le SECRÉTAIRE PERPÉTUEL signale, parmi les pièces imprimées de la correspondance :

1° L'Atlas statistique de la population de Paris, de M. T. Loua. (Renvoi au Concours de Statistique.)

2° La description des Poissons fossiles provenant des gisements coralliens du Jura dans le Bugey, par feu V. Thiollière (2° livraison, revue et annotée par M. P. Gervais).

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Propriétés géométriques des fractions rationnelles.*

Note de M. F. LUCAS, présentée par M. Résal.

« Considérons une fraction rationnelle irréductible

$$(1) \quad \frac{f(z)}{F(z)} = \lambda,$$

dont les deux termes sont des polynômes entiers, à coefficients réels ou imaginaires. Ces deux polynômes peuvent être du même degré ou de degrés différents; nous désignerons par p le degré commun dans le premier cas ou le plus haut degré dans le second.

» Chaque valeur réelle ou imaginaire attribuée à λ représente la coordonnée d'un point directeur L , auquel correspond un groupe de p points

$$M_1, M_2, \dots, M_p,$$

qui ont respectivement pour coordonnées les racines de l'équation

$$(2) \quad f(z) - \lambda F(z) = 0.$$

De là une méthode de transformation des figures, dans laquelle les angles sont conservés, et que nous proposons d'appeler *transformation rationnelle*.

» *Transformation du cercle.* — Désignons par L' et L'' deux positions particulières du point directeur, dont les coordonnées sont λ' et λ'' . En posant

$$(3) \quad \frac{LL'}{LL''} = \text{const.},$$

nous ferons décrire au point mobile L une circonférence C, dont le centre est situé sur la droite $I'I''$ et qui détermine, par ses intersections avec cette droite, un segment harmonique avec le segment $I'I''$.

» Cette circonférence a pour transformée une courbe que nous appellerons *cyclide* et dont nous allons étudier les propriétés géométriques.

» A cet effet, posons

$$(4) \quad f(z) - \lambda' F(z) = \varphi(z),$$

$$(5) \quad f(z) - \lambda'' F(z) = \psi(z).$$

» L'équation

$$(6) \quad \varphi(z) = 0$$

déterminera les coordonnées du groupe de points

$$M'_1, M'_2, \dots, M'_p,$$

qui correspond à la position I' du point directeur.

» L'équation

$$(7) \quad \psi(z) = 0$$

déterminera de même les coordonnées du groupe de points

$$M''_1, M''_2, \dots, M''_p$$

qui correspond à la position I'' du point directeur.

» On aura d'ailleurs identiquement

$$(8) \quad \frac{\lambda - \lambda'}{\lambda - \lambda''} = \frac{\varphi(z)}{\psi(z)}.$$

» Lorsque L décrit la circonférence C, l'argument du premier membre de l'équation ci-dessus reste constant; il en est de même de l'argument du second membre, et l'on a

$$(9) \quad \frac{MM'_1 \cdot MM'_2 \cdot \dots \cdot MM'_p}{MM''_1 \cdot MM''_2 \cdot \dots \cdot MM''_p} = \text{const.}$$

» Par conséquent : *Toute cyclide jouit de cette propriété que le produit des distances de l'un de ses points à ceux d'un groupe de p points M' , divisé par le produit des distances de ce même point à ceux d'un groupe de p points M'' , donne un rapport constant, quel que soit ce point.*

» On peut aussi faire décrire au point L une circonférence, que nous désignerons par D, en posant

$$(10) \quad \text{tang } L'LL'' = \text{const.}$$

Cette circonférence passe par les deux points I' et I'' . Pour chaque position

du mobile L, la tangente de l'argument du premier membre de l'équation (8) conserve une valeur constante, en sorte que l'on a

$$(11) \quad \text{tang}(M'_1MM''_1 + M'_2MM''_2 + \dots + M'_pMM''_p) = \text{const.}$$

Par conséquent : Toute cyclide jouit de cette propriété que, si l'on considère deux groupes de p points M' et de p points M'' par lesquels elle doit passer, la tangente de la somme des angles $M'MM''$ reste constante pour tout point M de cette courbe.

» Équation cartésienne des cyclides. — En séparant, dans le polynôme $\varphi(z)$, la partie réelle de la partie imaginaire, on peut poser

$$(12) \quad \varphi(z) = X + Y\sqrt{-1},$$

X et Y désignant deux polynômes en x et y de degré égal ou inférieur à p .

» Posons de même

$$(13) \quad \psi(z) = U + V\sqrt{-1}.$$

Nous aurons identiquement

$$(14) \quad \frac{\varphi(z)}{\psi(z)} = \frac{UX + VY}{U^2 + V^2} + \sqrt{-1} \frac{VX - UY}{U^2 + V^2}.$$

Il en résulte que l'équation cartésienne de la cyclide Γ , qui correspond à la circonférence C , est de la forme

$$(15) \quad \frac{X^2 + Y^2}{U^2 + V^2} = \text{const.}$$

Celle de la cyclide Δ , qui correspond à la circonférence D , est de la forme

$$(16) \quad \frac{VX - UY}{UX + VY} = \text{const.}$$

On voit ainsi que les cyclides sont des courbes algébriques du degré $2p$.

» Trajectoires orthogonales. — En faisant varier la constante du second membre de l'équation (3), on obtient une série de circonférences C , auxquelles correspond une série de cyclides Γ . En faisant varier la constante du second membre de l'équation (10), on obtient de même une série de circonférences D , auxquelles correspond une série de cyclides Δ .

» Comme les circonférences C et D se coupent orthogonalement, il en est de même des cyclides Γ et Δ .

» Détermination et propriétés des points doubles. — L'équation (2)

$$f(z) - \lambda F(z) = 0$$

peut prendre une racine double, si l'on attribue à λ une valeur convena-

blement choisie. Toute racine double satisfait nécessairement à l'équation

$$(17) \quad F(z)f'(z) - f(z)F'(z) = 0,$$

qui détermine les coordonnées de $2(p-1)$ points doubles

$$J_1, J_2, \dots, J_{2p-2}.$$

» Chacun de ces points J fait doublement partie d'un groupe de points M, correspondant à une position déterminée I du point directeur L.

» Toute racine de l'équation (17) rend *maximum* ou *minimum* la fraction $\frac{f(z)}{F(z)}$ et, par suite, la fraction

$$(18) \quad \frac{f(z) - \lambda' F(z)}{f(z) - \lambda'' F(z)} = \frac{\varphi(z)}{\psi(z)};$$

il en résulte que chacune des expressions

$$\frac{MM'_1, MM'_2, \dots, MM'_p}{MM''_1, MM''_2, \dots, MM''_p},$$

$$\text{tang}(M'_1 MM''_1 + M'_2 MM''_2 + \dots + M'_p MM''_p),$$

devient *maximum* ou *minimum* lorsque le point M coïncide avec un point J. Les points doubles représentent, par conséquent, ce que j'ai appelé les *ombilics* des groupes M' et M'' (*Compte rendu* du 18 novembre 1872).

» Comme λ' et λ'' représentent deux valeurs arbitraires de la fraction $\frac{f(z)}{F(z)}$, on peut regarder les M' et les M'' comme deux groupes quelconques de racines de l'équation (2). Ainsi les ombilics de deux groupes de points racines coïncident toujours avec les points doubles de la fraction rationnelle.

» *Propriété remarquable des ombilics.* — La figure formée par deux groupes de points (M') et (M'') et leurs ombilics (J) conserve ses propriétés lorsqu'on lui fait subir une transformation rationnelle d'un degré quelconque.

» Soit, en effet,

$$(19) \quad z = \frac{f_1(\zeta)}{F_1(\zeta)},$$

une fraction rationnelle au moyen de laquelle on fait correspondre q valeurs de ζ à chaque valeur de z .

» Le groupe de p points (M') se transforme en un groupe de pq points (N'), que l'on détermine en égalant à zéro le polynôme

$$(20) \quad \varphi_1(\zeta) = [F_1(\zeta)]^p \varphi \left[\frac{f_1(\zeta)}{F_1(\zeta)} \right].$$

De même le groupe de p points (M'') se transforme en un groupe de pq

points (N''), que l'on détermine en égalant à zéro le polynôme

$$(21) \quad \psi_1(\zeta) = [F_1(\zeta)]^p \psi \left[\frac{f_1(\zeta)}{F_1(\zeta)} \right].$$

Divisant membre à membre les équations (20) et (21), en tenant compte de la formule (19), on trouve

$$(22) \quad \frac{\varphi_1(\zeta)}{\psi_1(\zeta)} = \frac{\varphi(z)}{\psi(z)}.$$

Si une valeur de z rend le second membre *maximum* ou *minimum*, chacune des q valeurs correspondantes de ζ rend également le premier membre *maximum* ou *minimum*; par conséquent chaque ombilic des groupes (M') et (M'') se transforme en q ombilics des groupes (N') et (N''). »

THÉORIE DES NOMBRES. — *Théorèmes d'Analyse indéterminée.*

Note du P. PEPIN, présentée par M. Hermite.

« Les cas où l'équation indéterminée $aX^4 + bY^4 = Z^2$ n'admet pas de solution rationnelle sont fort nombreux; même quand l'équation $ax^2 + by^2 = z^2$ est résoluble en nombres entiers. Néanmoins on ne connaît encore qu'un petit nombre de théorèmes sur ce sujet. Fermat a démontré que la somme ou la différence de deux bicarrés n'est jamais un carré; Euler ajoute l'impossibilité d'obtenir un carré en ajoutant un bicarré au double d'un bicarré. On peut encore obtenir quelques théorèmes analogues par la méthode de Fermat, quand $a = 1$; mais si les deux coefficients a et b sont inégaux et différents de l'unité, il faut recourir à d'autres moyens pour reconnaître l'impossibilité de l'équation proposée. Pour cette raison, comme aussi à cause de leur généralité, les théorèmes que je propose pourront intéresser les géomètres qui se sont occupés d'Analyse indéterminée.

» I. Si l'on désigne par p un nombre premier égal à la somme de deux carrés, dont l'un, le carré impair, soit multiple de 9, l'équation

$$px^4 - 36y^4 = z^2$$

n'admet pas de solution rationnelle. Ainsi, par exemple, les équations

$$\begin{aligned} 73x^4 - 36y^4 = z^2, \quad 97x^4 - 36y^4 = z^2, \quad 109x^4 - 36y^4 = z^2, \\ 181x^4 - 36y^4 = z^2, \quad 229x^4 - 36y^4 = z^2, \quad 241x^4 - 36y^4 = z^2, \dots \end{aligned}$$

sont toutes impossibles en nombres entiers.

» II. Si p désigne un nombre premier de la forme $9m^2 + 10n^2$, tel que 19, 91, 241, 499, 571, 649, ..., l'équation

$$px^4 - 90y^4 = z^2$$

ne peut être vérifiée par aucun système de valeurs rationnelles des indéterminées x, y, z .

» III. On ne peut résoudre en nombres entiers aucune des équations

$$\begin{aligned} 61x^4 - 117y^4 &= z^2, & 157x^4 - 117y^4 &= z^2, \\ 277x^4 - 117y^4 &= z^2, & 337x^4 - 117y^4 &= z^2, \\ 433x^4 - 117y^4 &= z^2, & 473x^4 - 117y^4 &= z^2, \dots \end{aligned}$$

comprises dans la formule générale

$$px^4 - 117y^4 = z^2,$$

où p désigne l'un quelconque des nombres premiers de la forme $9m^2 + 13n^2$.

» IV. Il est impossible de résoudre en nombres entiers l'équation

$$px^4 - 333y^4 = z^2,$$

dans laquelle p désigne l'un quelconque des nombres premiers 73, 157, 181, 229, ..., représentés par la forme quadratique $9m^2 + 37n^2$.

» V. Aucune des équations comprises dans la formule

$$px^4 - 198y^4 = z^2$$

n'est résoluble en nombres entiers, quand p désigne un nombre premier de la forme $9m^2 + 22n^2$, tel que 31, 97, 103, 313, 433, 577, ...

» VI. Il est impossible de résoudre en nombres entiers l'équation

$$px^4 - 360y^4 = z^2,$$

dans laquelle p désigne un nombre premier compris dans la formule $9m^2 + 40n^2$, tel que 241, 601, 769, ...

» VII. On ne peut non plus vérifier en nombres entiers l'équation

$$px^4 - 522y^4 = z^2,$$

où p désigne un nombre premier compris dans la formule $9m^2 + 58n^2$, tel que 67, 139, 241, 283, ...

» VIII. Si p est un nombre premier de la forme $9m^2 + 88n^2$, tel que 97, 313, 361, ..., l'équation

$$px^4 - 792y^4 = z^2$$

n'admet aucune solution en nombres entiers.

» IX. Il en est de même pour l'équation

$$px^4 - 65y^4 = z^2.$$

quand p désigne l'un des nombres premiers 29, 61, 181, 229, 361, 569, ..., représentés par la forme quadratique $10m^2 + 10mn + 9n^2$.

» X. Si p désigne l'un des nombres premiers 13, 193, 349, 361, 409, ..., renfermés dans la formule $6m^2 + 6mn + 13n^2$, il est impossible de résoudre en nombres entiers l'équation

$$px^4 - 69y^4 = z^2.$$

» XI. Il est également impossible de vérifier en nombres entiers l'équation

$$px^4 - 141y^4 = z^2$$

quand p est l'un des nombres premiers 37, 61, 97, 277, 361, 457, ..., représentés par la forme quadratique $6m^2 + 6mn + 25n^2$.

» XII. De même, quand p désigne l'un des nombres premiers 71, 109, 157, 217, 577, 601, ..., représentés par la forme $6m^2 + 6mn + 37n^2$, l'équation

$$px^4 - 213y^4 = z^2$$

est impossible en nombres entiers.

» XIII. On trouve la même impossibilité pour l'équation

$$px^4 - 217y^4 = z^2$$

quand p désigne un nombre premier de la forme $2m^2 + 2mn + 109n^2$, tel que 109, 139, 179, 199, 241, ...

» XIV. Soit p l'un des nombres premiers 51, 71, 251, 439, 499, ..., représentés par la formule $10m^2 + 10mn + 51n^2$; l'équation

$$px^4 - 265y^4 = z^2$$

est impossible en nombres entiers.

» Pour abréger les énoncés des théorèmes suivants, nous les réunirons dans un théorème plus général.

» XV. L'équation

$$px^4 - qy^4 = z^2,$$

où p désigne toujours un nombre premier, est impossible en nombres entiers dans l'un quelconque des cas suivants :

» 1° Si $q=265$ et que p soit compris dans la formule $10m^2 + 10mn + 29n^2$, comme cela a lieu pour les valeurs $p = 29, 89, 149, 229, 241, \dots$;

» 2° $q = 301$ et $p = 14m^2 + 14mn + 25n^2 = 29, 89, 149, 241, 229, \dots$;

» 3° $q = 465$ et $p = 10m^2 + 10mn + 49n^2 = 109, 349, 421, 541, \dots$;

» 4° $q = 553$ et $p = 2m^2 + 2mn + 277n^2 = 277, 283, 307, 349, \dots$;

» 5° $q = 561$ et $p = 34m^2 + 34mn + 25n^2 = 157, 229, 433, 461, \dots$;

» 6° $q = 609$ et $p = 42m^2 + 42mn + 25n^2$;

» 7° $q = 645$ et $p = 6m^2 + 6mn + 109n^2 = 109, 181, 229, 361, \dots$;

» 8° $q = 697$ et $p = 2m^2 + 2mn + 349n^2 = 349, 353, 361, 373, 389, 409, \dots$

» Nous ajouterons encore quelques théorèmes du même genre, où, pour une même valeur de q , le nombre premier p peut être pris dans plusieurs classes différentes de formes quadratiques.

» XVI. Soit p l'un des nombres premiers 29, 167, 311, 361, 443, ..., représentés respectivement par les deux formules

$$9m^2 + 2mn + 354n^2, \quad 29m^2 + 22mn + 116n^2;$$

l'équation

$$px^4 - 3185y^4 = z^2$$

est impossible en nombres entiers.

» XVII. Il en est de même de l'équation

$$px^4 - 1764y^4 = z^2$$

quand le nombre premier p est de l'une des deux formes

$$4m^2 + 441n^2 \quad \text{ou} \quad 25m^2 + 12mn + 72n^2.$$

» XVIII. De même l'équation

$$px^4 - 8349y^4 = z^2$$

est impossible en nombres entiers, lorsque le nombre premier p est de l'une des trois formes

$$25m^2 + 2mn + 254n^2, \quad 49m^2 + 36mn + 177n^2, \quad 70m^2 + 62mn + 133n^2.$$

» XIX. Si p désigne l'un des nombres premiers 97, 181, 829, 877, 1093, ..., représentés par les formes

$$4m^2 + 1089n^2, \quad 148m^2 + 96mn + 45n^2, \quad 229m^2 + 74mn + 25n^2,$$

il est impossible de résoudre en nombres entiers l'équation

$$px^4 - 4356y^4 = z^2.$$

» XX. On trouve la même impossibilité pour l'équation

$$px^4 - 4950y^4 = z^2,$$

lorsque p désigne l'un des nombres premiers 31, 561, 509, 751, ..., représentés par la formule

$$31m^2 + 28mn + 166n^2.$$

» Tous ces théorèmes subsistent encore, quand p désigne une puissance de nombre premier obtenue en attribuant à m et n , dans les formules respectives, des valeurs dont aucune ne soit nulle. »

CHIMIE. — *De l'action de systèmes ternaires définis, formés de mannite, de borax et d'eau, sur la lumière polarisée. Du pouvoir rotatoire de la mannite.*

Note de M. L. VIGNON, présentée par M. Pasteur.

« Dans une précédente Communication, j'ai montré que la mannite mise en dissolution dans l'eau avec de l'acide borique ou du borax agit sur la lumière polarisée. Je donne aujourd'hui, très-sommairement, les résultats d'expériences entreprises sur des systèmes ternaires définis composés de mannite, de borax et d'eau.

» Si l'on examine une série de solutions mannito-boraciques, formées de telle façon que le rapport du poids de la mannite au poids de l'eau demeure constant dans toutes les solutions de la série, le pouvoir rotatoire (α) de la mannite dans chaque solution est lié au poids β de borax contenu dans l'unité de poids de la même solution par la relation

$$(\alpha) = A + \frac{B\beta}{\beta + C}.$$

» M. Biot a démontré que cette relation est applicable aux solutions tartré-boriques (*Annales de Chimie et de Physique*, t. XI, 3^e série).

» Les trois coefficients se calculent au moyen de trois expériences préliminaires.

» Dans la série que j'ai examinée, le rapport n du poids de l'eau au poids de la mannite était

$$n = 6,335136.$$

» Les pouvoirs rotatoires ont varié de

$$2^{\circ},5097 \text{ à } 16^{\circ},4638,$$

et les proportions de borax β de

$$0,01396 \text{ à } 0,0969484.$$

» J'ai trouvé, pour les coefficients propres à cette série,

$$A = 0,82550,$$

$$B = -39,97682,$$

$$C = -0,344687.$$

» L'équation

$$(\alpha) = A + \frac{B\beta}{\beta + C},$$

pour $\beta = 0$, se réduit à

$$(\alpha) = A = 0,82550,$$

qui devrait être le pouvoir rotatoire de la mannite, pour la proportion d'eau, propre à la série.

» En réalité, cette conclusion n'est pas tout à fait exacte, et la relation précédente ne peut s'appliquer que dans les cas spéciaux pour lesquels on a démontré qu'elle était rigoureusement applicable.

» Pour le cas de la mannite, une vérification directe est impossible; mais si l'on considère que M. Biot a montré que le coefficient A, pour le cas de l'acide tartrique, représente sensiblement le pouvoir rotatoire de cet acide, dans les mêmes conditions de dosage avec l'eau que celles qui ont présidé à la formation des systèmes ternaires primitifs, nous pourrions dire, sans prétendre assigner à (α) , pour le cas de β nul, une valeur rigoureusement déterminée, que le pouvoir rotatoire de la mannite associé à l'eau dans ces proportions n'est pas nul, qu'il est numériquement très-faible et positif. En d'autres termes, que la mannite dissoute dans l'eau est un corps dextrogyre de pouvoir rotatoire très-faible.

» Ce travail a été fait au laboratoire de Chimie de la Faculté des Sciences de Lyon. »

CHIMIE. — *Sur la production artificielle de cristaux d'oxalate de chaux, semblables à ceux qui se forment dans les plantes.* Note de M. VESQUE, présentée par M. Decaisne.

« On a étudié depuis longtemps la forme et la nature chimique des cristaux qu'on rencontre dans les plantes. Les travaux les plus récents montrent qu'ils consistent, dans la grande majorité des cas, en oxalate de

chaux. Ce sel cristallise dans deux systèmes différents, suivant la quantité d'eau qu'il renferme : dans le système prismatique carré, avec 6 équivalents d'eau, et dans le système clinorhombique, avec 2 équivalents d'eau. Les cristaux du système carré sont relativement rares dans les végétaux ; ils se forment dans la cristallisation lente.

» Les cristaux du système clinorhombique offrent une variété infinie dans les plantes, et, chose étrange, ces formes *sont constantes* pour la même espèce et la même partie du végétal. Ceux de la moelle et de l'écorce primaire sont souvent identiques, mais quelquefois différents ; ceux du liber mou diffèrent presque toujours de ceux du tissu fondamental ; ils revêtent généralement des formes caractéristiques propres tantôt à l'espèce, tantôt au genre, tantôt à la famille, tantôt à la classe.

» Pensant que la nature chimique et physique du milieu dans lequel s'effectue la cristallisation peut exercer une influence notable sur la forme cristalline produite, et que les choses peuvent se passer de la même manière dans la cellule végétale, j'ai entrepris d'éclaircir cette question par des expériences.

» M. Holzner, le seul qui, à ma connaissance, ait cherché à reproduire artificiellement les formes cristallines des plantes, a fait cristalliser l'oxalate de chaux de sa solution dans les acides chlorhydrique et azotique. J'ai renoncé à ce procédé, peu conforme à ce qui peut se passer dans la cellule végétale.

» Voici les procédés que j'emploie :

» 1° Je fais arriver, dans un verre contenant le liquide-milieu, de l'oxalate de potasse et du chlorure de calcium, ou de l'acide oxalique et du sulfate de chaux, à l'aide de deux bandes de papier buvard.

» 2° Le milieu est mélangé avec l'un des deux réactifs, et j'y fais arriver l'autre par une bande de papier buvard.

» 3° Les deux réactifs sont contenus respectivement dans deux petits dialyseurs, qui plongent par leur partie inférieure dans le milieu.

» Les résultats obtenus sont très-constants, de telle sorte que je puis produire à volonté la forme cristalline que je désire. Quelques-unes de ces formes sont identiques avec les formes qu'on observe dans les végétaux ; d'autres, au contraire, ne s'y rencontrent jamais : telles sont les dendrites, qui se produisent toutes les fois que l'un des deux réactifs est en excès, à moins que la liqueur ne soit très-acide (acide oxalique, citrique, tannique).

» Les petits octaèdres plats (enveloppes de lettres) et des étoiles à quatre branches, diversement conformées, se produisent, dans beaucoup de cir-

constances, en mélange avec d'autres formes, et sont parfois difficiles à éviter : dans les végétaux, ils ne sont presque jamais seuls.

» Les gros cristaux simples, tantôt régulièrement prismatiques, obliques, rhomboïdaux, simulant des rhomboédres, tantôt irréguliers, ressemblant à des cailloux à arêtes vives, se produisent dans les milieux acides (acide oxalique, tannique) ; ils sont mélangés avec une autre forme maclée, simulant souvent un prisme hexagonal, très-compiquée, très-constante.

» Dans le glucose et la dextrine, on obtient des aiguilles qui ressemblent de tout point aux raphides.

» Les cristaux en forme de sablier, qu'on a rencontrés quelquefois dans l'urine, se produisent sur les parois du verre contenant de l'eau légèrement albumineuse. »

MÉTÉOROLOGIE. — *Étude sur les orages de l'année 1869.* Note de M. FROX, présentée par M. Le Verrier.

« L'ensemble du travail démontre la vérité des conclusions déjà énoncées dès l'année 1865. Elles peuvent se résumer ainsi :

» 1° Les orages sont liés aux dépressions barométriques ou bourrasques, et ils se produisent principalement dans la partie nommée *région dangereuse*.

» 2° La zone où se meuvent les nuées orageuses forme généralement un anneau qui entoure le centre de dépression.

» 3° Dans cet anneau orageux, il y a lieu de distinguer les orages antérieurs et les orages postérieurs : la marche du baromètre, la direction du vent les séparent.

» 4° Les trombes prennent naissance principalement dans le cercle d'action d'une dépression barométrique ou bourrasque. Cet état instable se produit surtout dans la région dangereuse. Les actions électriques en favorisent grandement la formation.

» 5° La grêle se produit dans des conditions analogues à celles où se forment les trombes.

» 6° Les cyclones, les tores tempétueux, les anneaux orageux sont des moyens que la nature emploie pour emmagasiner la force vive, la transporter d'un point à un autre et la manifester ensuite par actions mécaniques, calorifiques ou électriques.

» 7° Les courants ascendants contribuent à l'entretien de la force vive de l'anneau tournant, et cet anneau agit lui-même par appel sur l'air des régions supérieures de l'atmosphère. »

M. A. GAIFFE adresse une Note relative à un laiton présentant des propriétés magnétiques très-prononcées.

L'auteur soumet à l'examen de l'Académie quelques vis fabriquées avec ce laiton, dans lequel la fraude a fait entrer une quantité énorme de fer sans altérer sensiblement son aspect et sa malléabilité. Ces vis avaient été employées à la construction de galvanomètres médicaux qui, quoique n'étant pas destinés à donner des indications très-précises, ont dû être démontés. Il pense qu'il pourrait être utile de rechercher par quel moyen le fer a pu être intimement allié au cuivre en aussi grande proportion.

A 4 heures trois quarts, l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 6 heures un quart.

D.

ERRATA.

(Séance du 29 décembre 1873.)

Tome LXXVII, page 1554, ligne 22, au lieu de il regardait les séries comme ne pouvant exister, lisez il regardait les séries comme pouvant exister.